 Wagner

22/ Januar

29/ Januar

Theorie und Praxis der Gewerbe.

Theorie und Praxis der Gewerbe.

Hand- und Lehrbuch

der

Technologie.

Für Geschäftsmänner zum Selbstunterricht und zum Gebrauche an Universitäten und technischen Lehranstalten.

Von

Dr. Johannes Rudolf Wagner,

Professor der Technologie an der Universität Würzburg.

Erster Band.

Mit 221 Original-Holzschnitten.

Leipzig

Verlag von Otto Wigand.

1858.

Vorrede.

Das verflossene Jahrzehnd, für alle Zweige der technischen Wissenschaften so überaus fruchtbringend, ist auch für die Theorie und Praxis der Gewerbe von großer Bedeutung gewesen. Die großen Industrieausstellungen der letzten Jahre haben es klar bewiesen, daß die Industrie in einer kurzen Frist Fortschritte gemacht, wie vorher noch nie in einer gleichen Zeit. In der Jetztzeit aber, in welcher die Grenzen der Wissenschaft von Tage zu Tage weiter hinausgerückt werden, wo Tausende von Köpfen und unzählige Maschinen arbeiten und sich regen, um das neueroberte Land urbar zu machen und mit fruchttragenden Pflanzen zu bebauen, hat der Einzelne, dem es nicht vergönnt ist, selbstthätig bei der Bearbeitung des Feldes einzugreifen, oft einen schwierigen Stand. Das Neue dringt mächtig auf ihn ein und in so mannichfacher Gestalt, daß er es oft nicht wahrzunehmen, viel weniger sich zum klaren Bewußtsein zu bringen vermag. Ein Theil davon, der nur auf Täuschung sich gründet, däucht ihm beachtenswerth und wichtig, ein anderer Theil, vielleicht Goldkörner unter unscheinbarer Hülle bergend, bleibt unberücksichtigt und wird vergessen. Unter solchen Verhältnissen kommt es vor, daß Viele, deren Beruf es ist, sich mit technischen Gegenständen zu beschäftigen, dem Fortschreiten der Wissenschaft keine Rechnung tragen und in der Abgeschlossenheit ihrer Ideenwelt eigenen Forschungen um so ungestörter leben

zu können glauben. Es kann allerdings geschehen, daß auch auf solchem Wege das Ziel erreicht wird, in den meisten Fällen aber wird es der Fall sein, daß dem einseitig Strebenden die Zeit vorausgeeilt ist und er entweder ein Hirngespinnst verfolgt oder eine Sache gefunden hat, die längst nicht mehr neu ist.

Die Aufgabe, auf der Höhe der Wissenschaft zu bleiben, ist für den Techniker und Denjenigen, welcher gewerbliche Kenntnisse nicht entbehren kann und mag, nur dann zu lösen, wenn sich bei ihm wissenschaftliche Ausbildung mit praktischer Erfahrung paart, wenn er sich diejenige Summe von naturwissenschaftlichen Kenntnissen erworben, die ihn befähigt, richtige Fragen zu stellen und selbst die Antwort auf seine Fragen zu suchen. Nur der wissenschaftliche Blick ist im Stande, jedes Neue auf seine naturgesetzliche Basis zurückzuführen und das oft chaotische Gewirr im Gebiete der technischen Literatur in Klarheit aufzulösen. Die Lösung jener Aufgabe wird sicher erleichtert, wenn nach einem gewissen Zeitabschnitte das von der Wissenschaft und Praxis gelieferte und in den Zeitschriften aufgespeicherte Material gesichtet und das Gute davon zu einem Hand- und Lehrbuche, zu vergleichen einem Längen- und Querdurchschnitte der Wissenschaft, verarbeitet wird.

So habe ich mich denn entschlossen, ein Hand- und Lehrbuch der Technologie zu liefern, welches diese wichtige, zu dem Leben in der innigsten Beziehung stehende Disciplin nach ihrem gegenwärtigen Standpunkte in übersichtlicher Weise darstellt, ohne dabei eine Anleitung zum praktischen Betriebe der einzelnen Gewerbe zu geben. Es ist, seitdem die Technologie Wissenschaft geworden, gebräuchlich, den chemischen Theil für sich und auch den mechanischen gesondert zu behandeln. In dem vorliegenden Werk soll diese Eintheilung nicht beibehalten, sondern neben der chemischen Technologie *in ihrem ganzen Umfange*, auch die wichtigsten und interessantesten Zweige der mechanischen Technologie abgehandelt werden.

Der erste Band, den ich hiermit dem Publikum übergebe, enthält die Lehre von den metallurgischen Processen, der mechanischen und chemischen Verarbeitung der Metalle (Gießerei, Streckerei, Metallpräparate, Fabrikation der Münzen, Nadeln, Schlösser, Uhren rc.), die Lehre von den Brennmaterialien, die Heizung und Feuerung und anhangsweise eine kurze Darstellung der Photographie.

Die zweite Abtheilung wird die Technik der Alkalien und Erden, die dritte die Technik der Nahrungsmittel, die vierte und letzte Abtheilung die Technik des Holzes und der Gespinnstfasern enthalten, an welche sich die Lehre von der Beleuchtung anschließen wird. Für die Bearbeitung einzelner Gewerbszweige ist mir die Mitwirkung von ausgezeichneten Fachmännern zu Theil geworden, so daß das regelmäßig fortschreitende Erscheinen des Buchs gesichert ist.

Ich habe mein Buch zunächst für meine Zuhörer an der hiesigen Universität geschrieben, außerdem habe ich mir als Publikum für dasselbe Lehrer technischer Schulen, Juristen, Cameralisten, Techniker und Geschäftsmänner aller Art vorgestellt, welche sich sei es nun blos einen Ueberblick oder gründliche Kenntnisse in der Technologie erwerben wollen. Die Technologie ist ja eine Wissenschaft, welche uns Aufklärung giebt über das, was wir täglich vor Augen haben, sie darf deshalb wol Anspruch machen, von jedem Menschen, der Menschlichem sich nicht entfremden mag, beachtet zu werden. Die Gewerbe sind keineswegs nur da, um unsere Bedürfnisse zu befriedigen, nein, die Industrie hat auch eine höhere Bedeutung für den Geist, für die Bildung und das Leben der Völker überhaupt. Die Technik ist der Uebungsplatz der geistigen und sittlichen Kräfte. „Ein jedes neue Verfahren in der Production hat nicht nur für den Consumenten Werth, insofern es ihm vorzüglichere Waaren zu billigerem Preise liefert, sondern es ist auch in der Hinsicht werthvoll, weil es den Spielraum menschlicher Thätigkeit erweitert

und als Erwerbsmittel eine neue Bahn der Existenz von Familien bildet, in denen des Lebens höchste Güter, Sittlichkeit und Bildung, einer jungen Generation überliefert werden.“ (v. Hermann.)

Würzburg, im December 1857.

Joh. Rud. Wagner.

Inhalt.

Die Metalle und ihre Verarbeitung.

Erster Abschnitt.

Das Ausbringen der Metalle aus ihren Erzen.

Zweiter Abschnitt.

Die Legirungen.

Dritter Abschnitt.

Die Metallgießerei.

Vierter Abschnitt.
Die Metallstreckerei.

Fünfter Abschnitt.
Die Metallpräparate.

Sechster Abschnitt.
Einige specielle Metallfabrikationen.

Die Brennmaterialien, die Heizung und Feuerung.

Erster Abschnitt.

Die Brennmaterialien im Besonderen.

Zweiter Abschnitt.

Die Heizung und Feuerung.

Die Erzeugung der Lichtbilder.
(Als Anhang.)

Einleitung.

§. 1.

Es ist noch kein Jahrhundert verflossen seit jener Zeit, wo man zuerst angefangen hat, die gewerblichen Verrichtungen zum Stoff für wissenschaftliche Betrachtungen zu machen, und schon ist durch die Verschmelzung der Wissenschaft mit der Technik eine neue Disciplin, die Theorie des Gewerbewesens erstanden, welche mit Hilfe der beschreibenden Naturwissenschaft vor allen und vorzugsweise aber mit Hilfe der Chemie, Physik und Mechanik die Erscheinungen und Gesetze zu erforschen sucht, auf welche die gewerbliche Praxis sich gründet.

In früherer Zeit, als das Studium der Naturwissenschaften nur Wenigen zugänglich war und das Gewerbe innerhalb kleiner Werkstätten ausgeübt und für Jedermann geheim gehalten wurde, der die Betreibung des Gewerbes nicht zur Lebensaufgabe gemacht hatte; als die Praxis sich nur auf eine gewisse Anzahl überlieferter oder empirisch gewonnener Mittel, verbunden mit manueller Fertigkeit beschränkte, konnte dem Gewerbewesen unmöglich eine wissenschaftliche Seite abgelauscht werden. Wenn auch die Wissenschaft endlich nicht umhin konnte, Dinge zum Gegenstand der Betrachtung zu machen, welche für das wirthschaftliche Volksleben von der höchsten Bedeutung waren, so konnte man doch nur von der nationalökonomischen Seite her ein wirkliches geistiges Interesse dafür empfinden, wobei noch nicht außer Acht zu lassen ist, daß die Volkswirthschaftslehre als Wissenschaft gleichfalls nur als eine Schöpfung der neueren Zeit betrachtet werden kann. Eine jede andere Betrachtungsweise schien an der Dürftigkeit des Stoffes ein unbesiegbares Hinderniß zu finden. Alle Schriften einer früheren Zeit, gewerbliche Gegenstände betreffend, begnügen sich mit einem mehr oder minder genauen Abschreiben des empirischen Verfahrens und einer trockenen Beschreibung und Aufzählung der üblichen Werkzeuge und sonstigen Handwerkseinrichtungen und Gebräuche.

§. 2.

Eine lange Zeit hindurch, bis gegen das achtzehnte Jahrhundert hin und länger noch, war die Gewerbthätigkeit in eine große Anzahl einzelner Werkstätten zersplittert, ohne daß irgendwo Eine sich zum Mittelpunkte vieler anderen gemacht hätte, wie das sonst bei der Thätigkeitsäußerung menschlicher Kraft wol stattzufinden pflegt. Zwar gab es der gewerbfleißigen Städte viele — Nürnberg, Augsburg —, die durch regen Kunstfleiß und durch die Geschicklichkeit ihrer Arbeiter sich auszeichneten. Es betraf dies aber vielmehr das Ganze des Gewerbbetriebes, oder auch einzelner Abtheilungen desselben, als daß von einzelnen großen Werkstätten die Rede gewesen wäre. Durch den Zunftzwang und die mit demselben im Zusammenhange stehenden Rechte und Einrichtungen war der Betrieb und der Lohn für die Arbeit unter der gewerbtreibenden Classe gleichmäßig vertheilt und ein Jeder fand bei mäßiger Thätigkeit sein Auskommen. Daß dies nur auf Kosten der Gesellschaft und des Gewerbstandes, als eines Theiles der Gesellschaft, möglich war, das sah man zu jener Zeit noch nicht ein, wo die Staatswirthschaft kaum in ihren Uranfängen existirte. Jenes angedeutete sichere Auskommen des Gewerbmannes wirkte hemmend auf den Fortschritt aller Gewerbthätigkeit. Das zu geringe Arbeitspersonal, wie es in der damaligen Zeit fast alle Werkstätten enthielten, sogar oft nur enthalten durften, das anbefohlene Reiheumgehen des Betriebes und andere Einrichtungen, darauf berechnet, unter den Betreibern desselben Gewerbes eine gewisse Gleichheit festzuhalten, legten einer geregelten Arbeitstheilung unüberwindliche Schwierigkeiten in den Weg.

§. 3.

Dieser Zustand dauerte fort, bis **Fabriken** und **Manufacturen** entstanden, in denen jeder Einzelne ein kleineres Feld der Thätigkeit erhielt, welchem er seine ganze Körper- und Geisteskraft zuwenden konnte. Die unablässige Wiederholung einer und derselben Operation, welche ehedem durch andere unaufhörlich unterbrochen wurde, ließ bald bemerken, wie Vieles nur maschinenmäßige Thätigkeit war, daß eine große Anzahl von Arbeiten durch die Maschine schneller, gleichmäßiger und vollkommener verrichtet werden konnte, als durch die Menschenhand. So entstanden, zum großen Theil durch den Scharfsinn der Arbeiter, zahlreiche neue Maschinen und der angewandten Mechanik eröffnete sich ein weites, bis dahin ungeahntes Feld. Zu gleicher Zeit begann man nach dem inneren Zusammenhang der einzelnen Operationen zu forschen und die erzielten glänzenden Resultate auf ihre Ursache zurückzuführen. Man fand, daß die **Chemie**, die **Physik** und die **Mechanik** im Stande seien, nicht nur die Operationen der Gewerbthätig-

keit zu erklären, sondern auch die Verfahrungsarten zu vereinfachen und zu vervollkommnen, sie ließen das Ueberflüssige und Schädliche der alten Methoden erkennen und gaben Mittel an die Hand, den Erfolg zu sichern. Von dieser Zeit an war jede Errungenschaft der Chemie und Mechanik zugleich ein Fortschritt für die Industrie; die Maschinen leisteten Unglaubliches, durch die verbesserten Communicationsmittel wurde die Waarenkunde mit werthvollen Droguen bereichert, welche dem verbesserten Gewerbsbetriebe zu Statten kamen, die bildenden Künste lieferten die Formen und Muster zur Schmückung der Industrieproducte, und aus dieser Durchdringung des Gewerbes mit der Wissenschaft und Kunst entstand die neue Disciplin, die **Technologie**, die Theorie des Gewerbewesens.

§. 4.

Begriff und Eintheilung der Technologie.

Dem Sinne des Wortes nach ist die Technologie die Erkenntniß der Künste (*τέχνης λόγος*). Nach dieser allgemeinsten Bedeutung würde die Technologie der Inbegriff aller denkbaren materiellen Fertigkeiten sein. Um ein begrenzteres Gebiet zu erlangen, pflegt man zur Technologie nur jene Kunstfertigkeiten zu rechnen, welche Gegenstand dauernder Beschäftigung oder wirklichen Erwerbs sind oder werden können, mit alleiniger Ausnahme derjenigen, welche wie Malerei, Bildhauerei und höhere Baukunst zur Befriedigung des ästhetischen Gefühles zu dienen bestimmt sind. In diesem Sinne wird die Technologie zur **Gewerbelehre**. Beide sind aber keineswegs identisch. Von der Technologie sind alle Gewerbe auszuschließen, welche nicht die Bearbeitung der Rohmaterialien zum Zwecke haben. Dadurch trennen sich Bergbau, Forst- und Landwirthschaft und Handel ab, welche als producirende und umsetzende Gewerbe in das Gebiet der Gewerbelehre, nicht aber in das der Technologie gehören.

Die Technologie ist keine selbständige Wissenschaft mit eigenthümlichen Principien, sondern nur eine Anwendung der Grundsätze und Erfahrungen der Chemie, Physik und Mechanik auf Verarbeitung der Rohmaterialien. Sie ist demnach praktische Naturwissenschaft und hat den Zweck, die technisch-industrielle Thätigkeit auf ihre naturwissenschaftlichen Grundsätze zurückzuführen und zu lehren, auf welche Weise die letzteren zum Vortheil der sittlichen Menschheit zu verwenden und auszubeuten seien.

§. 5.

Die selbständigsten und wichtigsten Quellen des Nationalreichthums für jeden Staat sind 1) der **Bergbau**, 2) die **Landwirthschaft**, 3) die **Forstwirthschaft**. Der Bergbau im weiteren Sinne des Wortes fördert

Sechster Abschnitt.
Einige specielle Metallfabrikationen.

Die Brennmaterialien, die Heizung und Feuerung.

Erster Abschnitt.

Die Brennmaterialien im Besonderen.

Zweiter Abschnitt.

Die Heizung und Feuerung.

Die Erzeugung der Lichtbilder.
(Als Anhang.)

Einleitung.

§. 1.

Es ist noch kein Jahrhundert verflossen seit jener Zeit, wo man zuerst angefangen hat, die gewerblichen Verrichtungen zum Stoff für wissenschaftliche Betrachtungen zu machen, und schon ist durch die Verschmelzung der Wissenschaft mit der Technik eine neue Disciplin, die Theorie des Gewerbewesens erstanden, welche mit Hilfe der beschreibenden Naturwissenschaft vor allen und vorzugsweise aber mit Hilfe der Chemie, Physik und Mechanik die Erscheinungen und Gesetze zu erforschen sucht, auf welche die gewerbliche Praxis sich gründet.

In früherer Zeit, als das Studium der Naturwissenschaften nur Wenigen zugänglich war und das Gewerbe innerhalb kleiner Werkstätten ausgeübt und für Jedermann geheim gehalten wurde, der die Betreibung des Gewerbes nicht zur Lebensaufgabe gemacht hatte; als die Praxis sich nur auf eine gewisse Anzahl überlieferter oder empirisch gewonnener Mittel, verbunden mit manueller Fertigkeit beschränkte, konnte dem Gewerbewesen unmöglich eine wissenschaftliche Seite abgelauscht werden. Wenn auch die Wissenschaft endlich nicht umhin konnte, Dinge zum Gegenstand der Betrachtung zu machen, welche für das wirthschaftliche Volksleben von der höchsten Bedeutung waren, so konnte man doch nur von der nationalökonomischen Seite her ein wirkliches geistiges Interesse dafür empfinden, wobei noch nicht außer Acht zu lassen ist, daß die Volkswirthschaftslehre als Wissenschaft gleichfalls nur als eine Schöpfung der neueren Zeit betrachtet werden kann. Eine jede andere Betrachtungsweise schien an der Dürftigkeit des Stoffes ein unbesiegbares Hinderniß zu finden. Alle Schriften einer früheren Zeit, gewerbliche Gegenstände betreffend, begnügen sich mit einem mehr oder minder genauen Abschreiben des empirischen Verfahrens und einer trockenen Beschreibung und Aufzählung der üblichen Werkzeuge und sonstigen Handwerkseinrichtungen und Gebräuche.

§. 2.

Eine lange Zeit hindurch, bis gegen das achtzehnte Jahrhundert hin und länger noch, war die Gewerbthätigkeit in eine große Anzahl einzelner Werkstätten zersplittert, ohne daß irgendwo Eine sich zum Mittelpunkte vieler anderen gemacht hätte, wie das sonst bei der Thätigkeitsäußerung menschlicher Kraft wol stattzufinden pflegt. Zwar gab es der gewerbfleißigen Städte viele — Nürnberg, Augsburg —, die durch regen Kunstfleiß und durch die Geschicklichkeit ihrer Arbeiter sich auszeichneten. Es betraf dies aber vielmehr das Ganze des Gewerbbetriebes, oder auch einzelner Abtheilungen desselben, als daß von einzelnen großen Werkstätten die Rede gewesen wäre. Durch den Zunftzwang und die mit demselben im Zusammenhange stehenden Rechte und Einrichtungen war der Betrieb und der Lohn für die Arbeit unter der gewerbtreibenden Classe gleichmäßig vertheilt und ein Jeder fand bei mäßiger Thätigkeit sein Auskommen. Daß dies nur auf Kosten der Gesellschaft und des Gewerbstandes, als eines Theiles der Gesellschaft, möglich war, das sah man zu jener Zeit noch nicht ein, wo die Staatswirthschaft kaum in ihren Uranfängen existirte. Jenes angedeutete sichere Auskommen des Gewerbmannes wirkte hemmend auf den Fortschritt aller Gewerbthätigkeit. Das zu geringe Arbeitspersonal, wie es in der damaligen Zeit fast alle Werkstätten enthielten, sogar oft nur enthalten durften, das anbefohlene Reiheumgehen des Betriebes und andere Einrichtungen, darauf berechnet, unter den Betreibern desselben Gewerbes eine gewisse Gleichheit festzuhalten, legten einer geregelten Arbeitstheilung unüberwindliche Schwierigkeiten in den Weg.

§. 3.

Dieser Zustand dauerte fort, bis **Fabriken** und **Manufacturen** entstanden, in denen jeder Einzelne ein kleineres Feld der Thätigkeit erhielt, welchem er seine ganze Körper- und Geisteskraft zuwenden konnte. Die unabläßige Wiederholung einer und derselben Operation, welche ehedem durch andere unaufhörlich unterbrochen wurde, ließ bald bemerken, wie Vieles nur maschinenmäßige Thätigkeit war, daß eine große Anzahl von Arbeiten durch die Maschine schneller, gleichmäßiger und vollkommener verrichtet werden konnte, als durch die Menschenhand. So entstanden, zum großen Theil durch den Scharfsinn der Arbeiter, zahlreiche neue Maschinen und der angewandten Mechanik eröffnete sich ein weites, bis dahin ungeahntes Feld. Zu gleicher Zeit begann man nach dem inneren Zusammenhang der einzelnen Operationen zu forschen und die erzielten glänzenden Resultate auf ihre Ursache zurückzuführen. Man fand, daß die **Chemie**, die **Physik** und die **Mechanik** im Stande seien, nicht nur die Operationen der Gewerbthätig-

keit zu erklären, sondern auch die Verfahrungsarten zu vereinfachen und zu vervollkommnen, sie ließen das Ueberflüssige und Schädliche der alten Methoden erkennen und gaben Mittel an die Hand, den Erfolg zu sichern. Von dieser Zeit an war jede Errungenschaft der Chemie und Mechanik zugleich ein Fortschritt für die Industrie; die Maschinen leisteten Unglaubliches, durch die verbesserten Communicationsmittel wurde die Waarenkunde mit werthvollen Droguen bereichert, welche dem verbesserten Gewerbsbetriebe zu Statten kamen, die bildenden Künste lieferten die Formen und Muster zur Schmückung der Industrieproducte, und aus dieser Durchdringung des Gewerbes mit der Wissenschaft und Kunst entstand die neue Disciplin, die **Technologie**, die Theorie des Gewerbewesens.

§. 4.

Begriff und Eintheilung der Technologie.

Dem Sinne des Wortes nach ist die Technologie die Erkenntniß der Künste (*τέχνης λόγος*). Nach dieser allgemeinsten Bedeutung würde die Technologie der Inbegriff aller denkbaren materiellen Fertigkeiten sein. Um ein begrenzteres Gebiet zu erlangen, pflegt man zur Technologie nur jene Kunstfertigkeiten zu rechnen, welche Gegenstand dauernder Beschäftigung oder wirklichen Erwerbs sind oder werden können, mit alleiniger Ausnahme derjenigen, welche wie Malerei, Bildhauerei und höhere Baukunst zur Befriedigung des ästhetischen Gefühles zu dienen bestimmt sind. In diesem Sinne wird die Technologie zur **Gewerbelehre**. Beide sind aber keineswegs identisch. Von der Technologie sind alle Gewerbe auszuschließen, welche nicht die Bearbeitung der Rohmaterialien zum Zwecke haben. Dadurch trennen sich Bergbau, Forst- und Landwirthschaft und Handel ab, welche als producirende und umsetzende Gewerbe in das Gebiet der Gewerbelehre, nicht aber in das der Technologie gehören.

Die Technologie ist keine selbständige Wissenschaft mit eigenthümlichen Principien, sondern nur eine Anwendung der Grundsätze und Erfahrungen der Chemie, Physik und Mechanik auf Verarbeitung der Rohmaterialien. Sie ist demnach praktische Naturwissenschaft und hat den Zweck, die technisch-industrielle Thätigkeit auf ihre naturwissenschaftlichen Grundsätze zurückzuführen und zu lehren, auf welche Weise die letzteren zum Vortheil der sittlichen Menschheit zu verwenden und auszubeuten seien.

§. 5.

Die selbständigsten und wichtigsten Quellen des Nationalreichthums für jeden Staat sind 1) der **Bergbau**, 2) die **Landwirthschaft**, 3) die **Forstwirthschaft**. Der Bergbau im weiteren Sinne des Wortes fördert

die Metalle, die Steinkohlen, das Salz, die Baumaterialien ꝛc. zu Tage, die Landwirthschaft liefert durch ihre Hauptzweige, den Ackerbau, den Gartenbau, die Obst- und Weinkultur und die Viehzucht, Nahrungs- und Kleidungsstoffe und endlich die Forstwirthschaft den Holzbedarf. Die technischen Gewerbe sind dazu bestimmt, die Erzeugnisse des Bergbaues, der Land- und der Forstwirthschaft in Producte, Fabrikate und Waaren umzuwandeln.

Durch diese Verarbeitung der Rohmaterialien wird entweder nur deren Form oder deren innerliche Körperlichkeit (Substanz, Materie) verändert. Je nachdem nun das Eine oder das Andere vorzugsweise geschieht, zerfallen die sämmtlichen Gewerbe, deren Wesen uns die Technologie lehrt, in mechanische und chemische Gewerbe. Man pflegt deshalb auch die Technologie in mechanische und chemische Technologie einzutheilen.

Die mechanische Technologie umfaßt diejenigen Gewerbe, durch welche das Rohmaterial nur seiner Gestalt nach verändert wird, seiner Natur, d. h. seiner chemischen Zusammensetzung nach aber dasselbe bleibt; sie betrachtet z. B. die Umwandelung des Schmiedeeisens in Schienen, Blech und Draht, die des Roheisens in Eisengüsse, die des Bleies in Schrot, die einer Legirung von Kupfer und Silber in Münzen und Geräthschaften; die Verarbeitung des Holzes zu Schreiner- und Drechslerarbeiten, die der Baumwolle, Wolle und Seide, des Flachses und des Hanfes zu Gespinnsten und Geweben; die Papierfabrikation, die Herstellung der Thonwaaren u. s. w.

Die chemische Technologie betrachtet dagegen jene Gewerbe, durch welche der Rohstoff seiner Natur und deshalb auch seiner Form nach verändert wird, wie es der Fall ist bei der Ausscheidung der Metalle aus ihren Erzen; der Ueberführung des Roheisens in geschmeidiges Eisen oder Schmiedeeisen, der des letzteren in Stahl; der Umwandelung des Bleies in Bleiweiß, Bleizucker, Bleiglätte; des Kupfers in Grünspan und Vitriol; des Oeles und Fettes in Seife mit Hilfe von Potasche und Soda; der Holzfaser und des Stärkemehles in Zucker und Weingeist; des Weingeistes in Essig; der Gewinnung des Leuchtgases, der Holzkohle und der Koks aus dem Holze und den Steinkohlen; des Paraffins und des Photogens aus den Braunkohlen ꝛc.

In den meisten Fällen ist die Bearbeitung des Rohmaterials mechanisch und chemisch zugleich, wie z. B. in der Glasfabrikation, in welcher man Kieselerde (Quarz) mit Alkalisalzen (Potasche, Soda, Glaubersalz) zu einer chemischen Verbindung, der Glasmasse zusammenschmilzt und diese Masse zu Gefäßen und Tafeln verarbeitet; in der Fabrikation der Stearinkerzen, wobei die Ueberführung der Fettsubstanz (Talg oder Palmöl) in Kalkseife und die Zersetzung derselben durch Schwefelsäure nach chemischen Grundsätzen, die

Ueberführung der aus der Kalkseife ausgeschiedenen Stearinsäure (Palmitinsäure) in Kerzenform rein mechanisch geschieht.

In einzelnen seltenen Fällen kommt endlich auch noch ein physiologisches Moment in Betracht, so unter andern in der Bierbrauerei die Herstellung des Malzes durch die erwachende Lebensthätigkeit und die beginnende Entwickelung des Keimes des Gerstenkornes.

Da eine strenge Sichtung der mechanischen Gewerbe von den chemischen kaum ausführbar ist, so sucht man dieselbe zu umgehen und versteht unter mechanischer Technologie diejenigen Gewerbe, die überwiegend auf mechanische, und unter chemischer Technologie solche, die ebenso auf chemische Principien basirt sind. Bei einzelnen Industriezweigen ist die Stellung eine zweifelhafte, so z. B. bei der Porcellanfabrikation, die sowol unsere ausgezeichnetsten Schriftsteller im Gebiete der mechanischen Technologie, als auch in dem der chemischen als ihr Eigenthum beanspruchen.

§. 6.

Hinsichtlich der wissenschaftlichen Behandlung der Technologie weichen die Schriftsteller, je nach dem Zweck, den sie durch Herausgabe von technologischen Lehr- und Handbüchern zu erreichen beabsichtigen, wesentlich von einander ab. Die Einen, die empirischen Technologen, begnügen sich mit dem Protokolliren des Verfahrens und der trocknen Beschreibung der Werkzeuge. Eine solche Behandlungsweise der Technologie mochte wol zu einer Zeit, wo es schon verdienstlich war, zu technologischen Studien nur anzuregen, ihre Berechtigung haben; in der gegenwärtigen Zeit ist sie dagegen mit dem Standpunkte der Naturwissenschaften im Widerspruche. Andere geben neben der Schilderung der einzelnen Operationen eines Gewerbes auch die wissenschaftliche Erklärung derselben; dies ist die rationelle Darstellung der Technologie. Endlich kann auch die Technologie speciell oder allgemein vorgetragen werden. Die specielle Technologie, die älteste und gewöhnlichste, beschreibt in logischer Aufeinanderfolge die zur Erzeugung eines bestimmten Productes erforderlichen Operationen und wählt dabei die Abtheilungen entweder nach den Rohmaterialien (Verarbeitung der Seide, der Baumwolle, der Wolle, des Stärkemehls, der Thierhäute, des Holzes, des Eisens), oder nach den Erzeugnissen (Bierbrauerei, Bleiweißfabrikation, Seifensiederei, Baumwollgarnspinnerei, Eisengießerei, Blechfabrikation, Drahtzieherei, Lederfabrikation), oder endlich nach den verschiedenen Gewerben und Fabrikationen (Schreinergewerbe, Schlossergewerbe, Gerberei, Papierfabrikation, Branntweinbrennerei, Essigsiederei); letztere Methode erscheint zu einer rationellen Darstellung der Technologie ungeeignet,

indem dieselbe zwar gelungene Schilderungen der einzelnen Gewerbe, aber kein wahres Bild vom inneren Zusammenhang der einzelnen Operationen liefern kann. Die allgemeine (oder vergleichende) Technologie, von dem Begründer der Technologie Johann Beckmann 1777 schon geahnt, von Poppe zuerst bearbeitet und von Karmarsch ausgebildet, ordnet den Stoff nach der Gleichheit oder Aehnlichkeit der Verfahrungsarten, Werkzeuge und Maschinen an, ohne Rücksicht darauf zu nehmen, welchem Industriezweige sie angehören; sie faßt z. B. zusammen die Mittel zum Zusammenfügen der Metalle und Holzarbeiten (Löthen, Nieten, Schweißen, Leimen), zur Verschönerung und Verzierung der Metallarbeiten (Schleifen, Poliren, Guillochiren, Vergolden und Versilbern, Firnissen und Lackiren), die Gießerei (Eisen-, Kanonen-, Glocken-, Kunstgießerei, Schrotfabrikation, Galvanoplastik), die Drahtfabrikation (Eisen-, Messing- und Tombakdraht, leonischer Draht) 2c.

In gegenwärtigem Werke schließt sich die Darstellung an die specielle Technologie an, bei welcher die Art der Erzeugnisse als Eintheilungsmodus gilt.

§. 7.

Hilfsmittel beim Studium der Technologie.

Unentbehrliche Hilfswissenschaften des Technologen sind zunächst ohne Zweifel Naturgeschichte, Chemie, Physik und Mechanik. Insofern die technischen Gewerbe die Umgestaltung der Naturproducte zum Zweck haben, ist es wünschenswerth, daß Derjenige, der sich Einsicht in die Erscheinungen der praktischen Ausführung verschaffen will, vorerst die Eigenschaften dieser Körper, die verschiedenen Naturkräfte und die Gesetze, nach denen sie wirken, kennen lerne, und diese Kenntnisse verschaffen uns genannte Wissenschaften. Die Umgestaltung der Naturproducte bedingt einen größeren oder geringeren Aufwand an Arbeit und Kräften und Materialien. Die technischen Gewerbe sollen demnach die Naturproducte nicht blos dergestalt umwandeln, daß sie zur Befriedigung unserer Bedürfnisse brauchbarer sind, sie sollen auch diesen Producten durch die Umgestaltung einen höheren Werth ertheilen und zwar einen Mehrwerth, welcher im ungünstigsten Falle den mit der Umgestaltung verbundenen Aufwand compensirt. Der Technolog muß deshalb wissen, aus welchen Elementen der Preis der Waaren sich bilde und auf welchen Gesetzen der Tauschverkehr beruht. Nur dadurch ist er im Stande, die wohlthätige Einwirkung der Theilung der Arbeit, der Anwendung von Maschinen, der Einführung von Erfindungen und Entdeckungen, sowie den nachtheiligen Einfluß von Prohibitivsystemen, Zunftbeschränkungen 2c. auf die Entwickelung der Industrie zu würdigen. Untersuchungen dieser Art gehören aber einer besonderen Wissenschaft, der Nationalöko-

nomie an, welche daher ebenfalls zu den unentbehrlichen Hilfswissenschaften der Technologie zu rechnen ist.

Unter den Hilfsmitteln, deren man sich zur Erwerbung technologischer Kenntnisse bedient, steht oben an der Unterricht in seinen drei Hauptgestalten, der Literatur, den Vorlesungen und der praktischen Anschauung. Die technologische Literatur, an Reichhaltigkeit die Literatur anderer Wissenschaften weit hinter sich lassend, ist, namentlich was die ältere Literatur, worunter die bis zum Jahre 1840 erschienene verstanden sei, betrifft, nur mit Auswahl zu gebrauchen; sie bietet Vorzügliches und Mittelmäßiges von allen Zeiten dem Urtheile des erfahrenen Lesers und des Anfängers. Selbststudium der Technologie ist nur möglich mit Literatur, dabei aber nicht ohne praktische Anschauung. In den Vorlesungen sucht der Lehrer seine Zuhörer auf seinen eigenen Uebersichtsstandpunkt zu stellen. Bei der auf unseren Hochschulen den technologischen Wissenschaften so spärlich zugetheilten Zeit ist es nicht wol ausführbar, daß die Technologie in anderer als in encyclopädischer Weise vorgetragen werde. Am nächsten liegt das Bedürfniß der Technologie dem Cameralisten, dem künftigen Verwaltungsbeamten. Die industrielle Thätigkeit der Völker, ganz und gar von der technischen Bildung derselben abhängig, ist so umfassend für die Gestaltung der Gegenwart und Zukunft, daß Verwaltungsbeamte ohne technologische Kenntnisse unmöglich zum Heil des Staates wirken können. Auch der Jurist bedarf technologischer Kenntnisse. Bei dem unübersehbaren Einflusse der Technik auf das Leben wird auf der einen Seite die Gesetzgebung immer mehr und mehr von der abstract schematisirenden Form abgehen und zu einer Berücksichtigung der Eigenthümlichkeiten industrieller Thätigkeit (Patentwesen, Musterschutz) sich herbeilassen müssen, auf der anderen Seite werden sich die Rechtsstreitigkeiten immer mehr auf diese industriellen Verhältnisse beziehen. Der Mediciner hat eine besondere Aufforderung zum technologischen Studium dadurch, daß alle Menschen mit ihrem Gesundheitszustande in directer oder indirecter Abhängigkeit von der technischen Betriebsamkeit stehen. Nicht nur wird das Wohlbefinden des Technikers von der Beschaffenheit der Stoffe, mit denen er umgeht, und von der Art und Weise, wie er mit diesen Stoffen zu verkehren hat, bedingt, sondern auch die Producte der Industrie sind die steten Begleiter aller Menschen durch das Leben und machen ihren nimmer ruhenden Einfluß auf deren Gesundheit geltend. Es ist endlich unbezweifelt, daß handwerksmäßige Rohheit und Trägheit in allen Volksschichten durch technologischen Unterricht überwunden werde (O. Marbach).

Die praktische Anschauung der Rohproducte, der Darstellungsmethoden in Werkstätten und Fabriken, der fertigen Erzeugnisse in Samm-

lungen und auf Industrieausstellungen sind ebenso wie Zeichnungen, Modelle u. dgl. mächtige Hilfsmittel zum Studium der Technologie.

§. 8.

Werkzeug und Maschine [1]).

Zur Umgestaltung der Rohproducte dienen Werkzeuge und Maschinen. Beide lassen sich in ihrem Begriffe nicht mit logischer Schärfe bestimmen, ebenso wie sich zwischen beiden keine bestimmte Grenze ziehen läßt. Ein unterscheidendes Merkmal läßt sich darin finden, daß bei der Maschine die bewegende Kraft nicht unmittelbar vom menschlichen Körper ausgeht, während das Werkzeug nur einen zweckmäßigen Ersatz für einzelne menschliche Gliedmaßen bilden soll. Die Wirkung einer Zange ist der der Finger ähnlich, der Löffel wirkt ähnlich der hohlen Hand, der Blasebalg läßt sich als eine kräftige Lunge, der Hammer als eine harte unempfindliche Faust betrachten. Im Allgemeinen sind die Werkzeuge älter als die Maschinen. Wenn bei der Anwendung von Werkzeugen die Menschenkraft eine Hauptrolle spielt, so bei den Maschinen das Kapital. Die Maschine läßt sich als das Werkzeug der Fabrikindustrie betrachten. Wo auf der einen Seite die Maschine, auf der anderen Seite die Menschenhand und das Werkzeug mit einander zu concurriren haben, da ist die Ueberlegenheit der Maschinen ohne allen Zweifel. Mit der größeren Kraft der Maschinen hängt oft große Stoffersparniß zusammen. Die Maschine arbeitet mit ununterbrochener Ausdauer und deshalb mit größerer Gleichförmigkeit, als ein Mensch es im Stande wäre. Weil sie, indem sie die verschiedenen Exemplare derselben Arbeit vollkommen genau gleich darstellen, das Copiren eines Modelles erleichtern, so gestatten sie es, desto mehr Sorgfalt auf das Original zu verwenden. Die Maschine arbeitet regelmäßig wohlfeiler als die Menschenhand. Unter den Triebkräften der Maschine tritt zuerst der Mensch allein auf; dann macht er sich die wohlfeileren und ausdauernderen thierischen Arbeitskräfte nutzbar, welche unter seiner geistigen Leitung für die physischen Anstrengungen seiner Muskeln eintreten müssen; zuletzt erfaßt er die Gesetze der todten Natur, der elementaren Kräfte, das Wasser, den Wind, den Dampf und die Elektricität und setzt sie in seinen Maschinen in Wirksamkeit. Das Uebergewicht der Maschinenarbeit über die Handarbeit ist aber nicht absolut. Es sinkt auf Null herab dort, wo die Production eine Folge verschiedener und unter sich unähnlicher Bewegungen, und nicht eine unaufhörliche Wiederholung der nämlichen Operation ist (verschiedene Branchen der Seidenfabrikation, die Gobelins, Kaschmirshawls). Wo im Preise einer

---

1) Zum Theil nach W. Roscher.

Waare die Arbeitskosten, mit dem Rohmaterial verglichen, nur untergeordnete Wichtigkeit haben, da ist die Maschinenarbeit nicht im Stande, die Handarbeit zu verdrängen. So ist unter Anderem in der Mehrzahl der auf Chemie sich gründenden Gewerbe die eigentliche Arbeit nur unbedeutend und besteht häufig nur in Beaufsichtigung des Feuers, der Vorbereitung der Gefäße, in denen das Abdampfen, Niederschlagen und Krystallisiren erfolgt 2c. Die Fortschritte der Technik beziehen sich deshalb hauptsächlich auf Ersparniß an Rohmaterial, Brennstoff, Beschleunigung einzelner Operationen 2c. Daß endlich in allen Fällen, wo es auf augenblickliche Ueberlegung oder freie geistige Schöpfung ankommt, die Maschine den Arbeiter niemals zu ersetzen vermag, liegt auf der Hand.

§. 9.

Handwerk und Fabrik.

Fabriken werden diejenigen gewerblichen Etablissements genannt, in denen durch Menschenhand oder durch dieselbe ersetzende Maschinen Rohstoffe in Industrieproducte übergeführt werden. Die Fabrik ist für die heutige Industrie eben so charakteristisch, wie das Handwerk für das Mittelalter, denn selbst das Handwerk trachtet gegenwärtig nach Fabrikähnlichkeit, während die Fabriken einer früheren Zeit ihren Handwerkscharakter nicht zu verläugnen vermochten. Der Handwerker arbeitet in der Regel im Kleinen und auf Bestellung, die Fabrik zeichnet sich dagegen durch große, meist auf Vorrath berechnete Production, durch Anwendung des Principes der Theilung der Arbeit und eine von den Fesseln des Zunftzwanges freie Bewegung aus.

Die sociale Stellung der beiderseitigen Genossen in der Fabrik und in dem Kleingewerbe ist eine gänzlich verschiedene. Bei letzterem sind die Zusammenarbeitenden von gleichem Stande. Der Meister selbst war einst Gesell und Lehrling. Was der Meister ist, das kann der Lehrling, kann der Gesell mit der Zeit auch werden. Darin liegt ein mächtiger Sporn und Zügel zur Sittlichkeit. Der Fabrikant dagegen steht hoch über seinen Arbeitern; was er ist, das können die Arbeiter nur ausnahmsweise werden. Zwischen der Fabrik und dem Kleingewerbe liegt die für den Handel arbeitende Hausindustrie, oder wie sie neuerdings genannt wird, die Manufactur[1]) (Roscher). Sie geht in vielen Fällen aus einem Neben-

---

1) Nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch sind die Worte Fabrik und Manufactur gleichbedeutend. In früherer Zeit wurde der Name Fabrik nur allein zur Bezeichnung jener gewerblichen Anstalten gebraucht, die sich bei ihren Arbeiten des Feuers und des Hammers bedienen, dagegen man Manufacturen diejenigen nannte, wo dieses nicht der Fall war. In England nennt man Fabriken und Manufacturen manufactures.

gewerbe des Landmannes hervor. In Deutschland bildet der Spinner und der Weber eines der gewöhnlichsten Beispiele der Hausindustrie. An vielen Orten hat sich aus der Hausindustrie der große Fabrikbetrieb entwickelt. Wo Fabrik und Manufactur auf gleichem Gebiete concurriren, wird stets die erstere Siegerin bleiben. Wer abwechselnd webt und den Acker baut, wird nie die Virtuosität des Arbeiters erreichen, der sich einem dieser Geschäfte allein widmet.

Der Fabrikbetrieb nimmt immer mehr und mehr überhand und bemächtigt sich nach und nach eines großen Theiles der kleineren Industrie, da er nur dort nicht anzuwenden ist, wo es sich um eine gewisse Individualisirung des einzelnen Stückes oder um äußerste Vollendung der einzelnen Theile handelt, wie bei Schneider- und Schuhmacherarbeit, obgleich auch hier die modernen Kleider- und Schuhmagazine durch dargebotene große Auswahl fertiger Producte den handwerksmäßigen Vortheil der persönlichen Bestellung mit dem fabrikmäßigen des Arbeitens auf Vorrath in Verbindung gebracht haben. Die Reparaturgewerbe (Uhrmacher, Büchsenschäfter) werden trotz aller Fabriken immer nöthig bleiben, ebenso die Gewerbe des localen Anbringens (Glaser, Schlosser, Ofensetzer), zum Theil auch solche Gewerbe, welche der täglichen Consumtion anheimfallende, vergängliche Nahrungsmittel liefern (Bäcker, Metzger). Obgleich die Maurer- und Zimmermannsarbeiten stets dem Handwerk verbleiben werden, so suchen doch die Meister durch Besitz von Capital und durch Speculation eine große Anzahl von Gesellen und Handlangern zu beschäftigen, so daß das Ganze immer mehr und mehr einen fabrikähnlichen Charakter annimmt.

§. 10.

Literatur.

Als einige der wichtigsten Hand- und Lehrbücher der Technologie mögen folgende genannt werden:

K. Karmarsch, Handbuch der mechan. Technologie, 2. Aufl. 2 Bde. Hannover 1851.
F. Knapp, Lehrbuch der chem. Technologie, 2 Bde. Braunschweig 1847.
Schubarth, Handbuch der techn. Chemie und chem. Technologie, 4. Aufl. 3 Bde. Berlin 1851.
J. R. Wagner, Die chem. Technologie, 3. Aufl. Leipzig 1856.
Gottlieb, Taschenbuch der chem. Technologie, Leipzig 1852.
Bernoulli, Handbuch der Technologie, 2. Aufl. 2 Bde. Basel 1840.
Hermbstädt, Grundriß der Technologie, 2. Aufl. 2 Bde. Berlin 1830.
Hermbstädt, Compendium der Technologie, 2. Aufl. Berlin 1855.
Rüst, Die mechan. Technologie, 4 Bde. Berlin 1838.
Payen, Gewerbschemie, bearbeitet von Dr. v. Fehling, 2. Aufl. Stuttgart 1852.
Otto und Siemens, Landwirthschaftl. Gewerbe, 4. Aufl. Braunschweig 1855.
Karmarsch und Heeren, Techn. Wörterbuch, 3 Bde. 2. Aufl. Prag 1854. 57.

J. J. Prechtl, Technol. Encyclopädie oder alphab. Handbuch der Technologie, der techn. Chemie und des Maschinenwesens, Bd. 1—20. Wien 1830—1855.

J. Dumas, Handbuch der angewandten Chemie; aus dem Französischen von Alex. Engelhart und Buchner, 8 Bde. Nürnberg 1832—1850.

Stephan Edler von Kees, Darstellung des Fabriks- und Gewerbswesens im österreich. Kaiserstaate, 2. Aufl. 3 Bde. Wien 1824 und

Derselbe, Systematische Darstellung der neuesten Fortschritte in den Gewerben und Manufacturen u. s. w. Als Fortsetzung und Ergänzung des vorhergehenden Werkes, 2 Bde. Wien 1829.

(Beide Werke gehören zu den reichsten und zuverlässigsten Quellen der Technologie und Waarenkunde.)

Unter den Berichten über die Industrieausstellungen sind für das Studium der Technologie besonders wichtig:

Deutsche Gewerbe-Ausstellung in Berlin, amtlicher Bericht darüber, redigirt vom Geh. Ober-Finanz-Rathe G. v. Viebahn, 3 Bde. Berlin 1845.

Wiener Industrie-Ausstellung im Jahre 1845, Bericht über dieselbe, Wien 1846.

Industrie-Ausstellung aller Völker zu London im Jahre 1851, amtlicher Bericht, redigirt vom Geh. Ober-Finanz-Rathe G. von Viebahn, 3 Bde. Berlin 1852.

Münchener Ausstellung im Jahre 1854, Bericht der Beurtheilungs-Commission, herausgegeben vom Staatsrath Dr. Fr. B. W. von Hermann, München 1855.

Pariser Ausstellung im Jahre 1855, amtlicher Bericht über dieselbe, herausgegeben vom Geh. Ober-Finanz-Rathe G. von Viebahn und Professor Schubarth, Berlin 1856.

Periodische Schriften:

Bayerisches Kunst- und Gewerbeblatt, redigirt von Dr. Kaiser, München.

Hannoverische Mittheilungen, redigirt von K. Karmarsch, Hannover.

Hessisches Gewerbeblatt, redigirt von H. Rößler, Darmstadt.

Fürther Gewerbezeitung, redigirt von Beeg, Bernheim und Brentano, Fürth.

L. Elsner, Die chem. techn. Mittheilungen der Jahre 1846—48 u. s. w., Berlin.

Polytechnisches Journal von Dingler, Augsburg 1820—1857.

Verhandlungen des Gewerbevereins in Preußen, Berlin 1820—1857.

Polytechnisches Centralblatt, redigirt von Schnedermann u. Böttcher, Leipzig.

Polytechnische Centralhalle, redigirt von Kerndt, Leipzig 1850—1857.

Polytechnisches Notizblatt, redigirt von Prof. Dr. Böttger, Mainz.

Jahresbericht über die Fortschritte der chemischen Technologie, herausgegeben von J. R. Wagner. Erster Jahrgang 1855. Leipzig 1856 (wird fortgesetzt).

Die Metalle und ihre Verarbeitung.

Einleitung.

§. 11.

Die **Metalle** sind chemisch einfache Körper, deren charakteristische Eigenschaften folgende sind: 1) Undurchsichtigkeit; 2) Metallglanz; 3) große Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektricität; 4) Geschmeidigkeit oder das Vermögen eines Körpers, unter starkem Drucke seine Form bleibend zu verändern, ohne daß dadurch seine Cohäsion aufgehoben wird; diese Eigenschaft kommt den Metallen in sehr ungleichem Grade zu; 5) ein hohes specifisches Gewicht.

Die Lehre von den Processen, durch welche die Metalle und gewisse Verbindungen derselben aus ihren Erzen im Großen (in Hüttenwerken) dargestellt werden, ist die **Metallurgie**.

Metalle, welche in der Technik Anwendung finden und mit alleiniger Ausnahme des Aluminiums durch metallurgische Processe gewonnen werden, sind:

Eisen	Wismuth	Arsenik	Gold
Kupfer	Zink	Quecksilber	Nickel
Blei	Kadmium	Platin	Kobalt
Zinn	Antimon	Silber	Aluminium.

Vorstehende Metalle werden in den Hüttenwerken fast nur metallisch dargestellt, vom Antimon, Arsenik und Nickel gewinnt man zugleich auch gewisse Verbindungen, wie Schwefelantimon, arsenige Säure und Nickelspeise, und endlich Kobalt (und auch Chrom) ausschließlich im verbundenen Zustande.

Die Metalle besitzen bei vollkommen ebener und oxydfreier Oberfläche den bekannten charakteristischen **Glanz** und reflektiren das Licht in hohem Grade, wie man es an polirtem Stahl, Gold und Silber, Quecksilber u. s. w. wahrnehmen kann. Im fein zertheilten Zustande und bei unebener Oberfläche zeigen sie diesen Glanz nicht.

Die **Farbe** der meisten Metalle ist weiß. Silber, Quecksilber, Zinn und Antimon sind fast völlig weiß; Platin, Blei und Eisen sind dunkler, Gold ist gelb, Kupfer röthlichgelb.

Der Schmelzpunkt der Metalle ist ein sehr verschiedener, so schmilzt

Quecksilber bei	— 39°	Antimon bei	+ 425°
Zinn „	+ 235°	Silber „	„ 1022°
Wismuth „	„ 270°	Kupfer „	„ 1090°
Blei „	„ 332°	Gold „	„ 1120°
Kadmium „	„ 360°	Gußeisen „	„ 1600°
Zink „	„ 412°		

Das specifische Gewicht der Metalle ist ebenso wie ihr Schmelzpunkt ein sehr ungleiches; folgende Tabelle giebt eine Uebersicht:

Antimon	6,8	Wismuth	9,9
Zink	6,8—7,2	Silber	10,5
Zinn	7,28	Blei	11,445
Eisen	7,8	Quecksilber	13,5
Nickel	8,66	Gold	19,4
Kadmium	8,6—9,05	Platin	21,5
Kupfer	8,9		

Die Metalle krystallisiren, wenn sie nach dem Schmelzen erstarren, mehr oder weniger deutlich wahrnehmbar; von der krystallinischen Beschaffenheit hängt die Structur oder Textur der Metalle ab. Die krystallinische Structur verschwindet und macht einer fasrigen Platz, wenn die Metalle im erweichten Zustande der Behandlung mit dem Hammer, dem Walzwerk ausgesetzt oder in den Drahtzug gebracht werden; damit hängen wesentliche Veränderungen in den physikalischen Eigenschaften der Metalle zusammen, der Ausdehnungscoefficient durch Wärme, ihr Leitungsvermögen für Elektricität und Wärme, ihr spec. Gewicht 2c. erleiden gewöhnlich nicht unbedeutende Modificationen.

Im engsten Zusammenhange mit der Krystallisationsfähigkeit und Härte der Metalle stehen Hämmerbarkeit und Dehnbarkeit, zusammen auch Geschmeidigkeit genannt. Man versteht darunter die Eigenschaft gewisser Metalle, sich unter dem Hammer oder dem Walzwerk in dünne Platten ausdehnen zu lassen. Die Geschmeidigkeit ist das Product aus Härte und Festigkeit; es ist eine gewisse Weichheit dazu nothwendig, daß ein Metall einem nicht starken Druck oder Stoß nachgebe, indem es an den Angriffspunkten der Kraft ausweicht, aber es gehört zur Geschmeidigkeit auch ein Grad der Festigkeit, welcher verhindert, daß das Metall bei diesem Ausweichen nicht den Zusammenhang verliere. Ein hartes Metall mit großer Festigkeit ist nur dann geschmeidig, wenn Festigkeit und Härte in dem richtigen Verhältniß stehen. Der höchste Grad von Geschmeidigkeit findet sich bei solchen Metallen, die wie Gold, Silber und weiches Schmiedeeisen bei großer Weichheit auch bedeutende Festigkeit besitzen. Daß Weichheit bei mangelnder

Festigkeit nur eine dürftige Geschmeidigkeit geben könne, zeigt das Blei. Hämmerbare oder dehnbare Metalle sind:

Silber	Gold
Kadmium	Platin
Kupfer	Blei
Zinn	Zink.
Eisen	

Spröde Metalle sind: Antimon und Wismuth. Um die hämmerbaren Metalle in Blech zu verwandeln, werden sie entweder mit dem Hammer geschlagen oder zwischen Metallwalzen ausgewalzt. Diejenigen Metalle, die sich auswalzen lassen, können auch zu Draht gezogen werden. Der Grad der Ziehbarkeit entspricht aber keineswegs immer dem Grad der Hämmerbarkeit. Nachstehende Reihe zeigt die Metalle nach dem Grade ihrer Hämmerbarkeit geordnet, wobei die hämmerbarsten obenan stehen:

Gold	Platin
Silber	Blei
Kupfer	Zink
Zinn	Eisen.

Was die Leichtigkeit betrifft, mit welcher die Metalle zu Draht gezogen werden können, so ergiebt sich dieselbe aus folgender Tabelle:

Gold	Kupfer
Silber	Zink
Platin	Zinn
Eisen	Blei.

Die relative Widerstandsfähigkeit der Metalle (Festigkeit, Tragfähigkeit, Zähigkeit) ist eine sehr verschiedene. Nachstehende Tabelle giebt die Gewichte in Kilogrammen an, durch welche ein Draht von 0,002 Meter Durchmesser zerrissen wurde:

Eisen	249,6	Kilogr.	Gold	68,2	Kilogr.
Kupfer	137,4	,,	Zink	49,7	,,
Platin	124,6	,,	Zinn	15,7	,,
Silber	85	,,	Blei	12,5	,,

Werden die Drähte mit Gewichten belastet, so werden sie verlängert und ziehen sich nach Entfernung des Gewichtes wieder auf ihre anfängliche Länge zusammen. Ist aber das Maximum des Gewichtes überschritten worden, so entsteht eine bleibende Verlängerung des Drahtes und man sagt, es sei die Elasticitätsgrenze überschritten. Bei solchen Anwendungen der Metalle, bei denen die Tragfähigkeit ein Hauptmoment bildet, wie z. B. bei Ketten, Hängebrücken ꝛc., darf diese Grenze nie überschritten werden.

Gewisse hämmerbare Metalle, wie das weiche Eisen und das Platin, besitzen die Eigenschaft der Schweißbarkeit, d. h. Theile dieser Metalle

können, nachdem sie durch Erhitzen bis zu einem gewissen Grade erweicht worden sind, durch Kneten und Schmieden zu Einem Stück vereinigt werden.

Die Metalle sind ohne Ausnahme gute Wärmeleiter; folgende Tabelle zeigt ihre Wärmeleitungsfähigkeit:

Gold	1000	Eisen	374
Platin	981	Zink	363
Silber	973	Zinn	203
Kupfer	898	Blei	179.

Die elektrische Spannungsreihe der Metalle, in welcher ein jedes Metall in Berührung mit jedem vorhergehenden negativ elektrisch, mit jedem nachfolgenden positiv elektrisch wird, ist folgende:

Zink	Antimon
Blei	Silber
Zink	Quecksilber
Eisen	Gold
Wismuth	Platin.
Kupfer	

§. 12.

Nur wenige Metalle finden sich gediegen, die meisten derselben kommen in chemischen Verbindungen im Mineralreiche vor. Die gewöhnlichen Vererzungsmittel, mit denen die Metalle in den Erzen verbunden (vererzt) sich finden, sind Sauerstoff und Schwefel, doch kommen auch Antimon und Arsenik vor. Unter dem Namen Erz versteht man gewöhnlich eine Gemenge einer oder mehrerer der natürlich vorkommenden Metallverbindungen mit dem begleitenden Gesteine, mithin die metallhaltige Mineralmasse, wie sie von der Hand des Bergmanns dem Metallurgen zur Zugutemachung übergeben wird. Ebenso werden auch die mechanisch verunreinigten gediegenen Metalle als Erze betrachtet.

In den Erzen kommen die Metalle in folgenden Zuständen vor:

1) Gediegen, z. B. Gold, Silber, Quecksilber, Kupfer und Wismuth;

2) Mit Schwefel, Antimon oder Arsenik verbunden, und zwar

a) als einfache Erze, z. B. Zinnober $Hg\,S$, Bleiglanz $Pb\,S$, Speiskobalt $Co\,As_2$;

b) als Doppelerze, z. B. Buntkupfererz $Fe_2\,S_3$, $3\,Cu_2\,S$, Kupferkies $Fe_2\,S_3$, $Cu_2\,S$, Rothgiltigerz $Sb\,S_3$, $3\,Ag\,S$;

3) Mit Sauerstoff verbunden, als

a) basische Oxyde, z. B. Eisenglanz $Fe_2\,O_3$, Zinnstein $Sn\,O_2$, Rothkupfererz $Cu_2\,O$;

b) Oxydhydrate, z. B. Brauneisenstein $2\,Fe_2\,O_3$, $3\,HO$, Manganit $Mn_2\,O_3$, HO;

c) Sauerstoffsalze, z. B Kupferlasur $3\,CuO$, $2\,CO_2 + HO$, Bleivitriol PbO, SO_3;

4) Mit Schwefel und Sauerstoff verbunden, z. B. Rothspießglanzerz $2\,Sb\,S_3 + Sb\,O_3$;

5) Mit Salzbildern verbunden, z. B. Quecksilberhornerz $Hg_2 Cl$, Hornsilber $Ag\ Cl$;

6) In Verbindung mit Salzbildern und Sauerstoff, z. B. Bleihornerz $PbO, CO_2 + Pb\ Cl$, Grünbleierz $3\ PO_5, 9\ PbO + Pb\ Cl, Pb\ Fl$, Atakamit $3\ CuO, HO, Cu\ Cl$.

§. 13.

Die Erze kommen auf ihren Lagerstätten nur in seltenen Fällen in hinlänglicher Reinheit vor, um dieselben ohne weitere Vorbereitung dem Zugutemachen unterwerfen zu können; die Erze sind theils mit Erzen anderer Metalle vermengt, theils durch die Gebirgsart verunreinigt, in welcher die Lagerstätte des Erzes sich befindet. Daher bedürfen die Erze meist einer Zertheilung und Scheidung von den fremden Erzen und den beigemengten erdigen Massen (Gangart, taubes Gestein). Die dies bezweckende Arbeit heißt die Aufbereitung. Schon an der Grube beginnt die Scheidung, indem man alles taube Gestein bei Seite wirft. Man sortirt die Erze gewöhnlich in drei Haufen; der erste Haufen (Stuferze) ist so reichhaltig, daß er direct in der Hütte verschmolzen werden kann; der zweite Haufen enthält ärmeres Erz (Mittelerz), welches, ehe es zugutegemacht werden kann, aufbereitet werden muß; der dritte Haufen besteht zum größten Theile aus Gangart, so daß die geringe Quantität des darin enthaltenen Erzes die Ausbringungskosten nicht deckt, weshalb es gewöhnlich bei Seite gebracht und aufbewahrt wird, falls früher oder später eine Vervollkommnung des Hüttenprocesses eine vortheilbringende Behandlung erlaubte.

Die Aufbereitung der Erze geschieht entweder nur durch Menschenhände (trockene Aufbereitung) oder durch Maschinenkraft (künstliche oder nasse Aufbereitung). Der letzteren geht die erstere stets voran; die nasse Aufbereitung soll nur vollenden, was durch die Aufbereitung auf trocknem Wege nicht mehr ausgeführt werden konnte.

Die durch das Ausschlagen des Erzes mit Hämmern gewonnenen Producte sind außer dem tauben Gesteine 1) die Scheidegänge, d. h. solche reichhaltigere Stücke, welche durch die Scheidearbeit, durch Zerschlagen mit Hämmern oder Scheidefäusteln von dem anhängenden Gestein getrennt werden können, 2) die Pochgänge, d. h. solche Stücke, welche wegen der sehr innigen Mischung nicht mehr durch Scheidearbeit, sondern nur durch Pochen und Waschen getrennt werden können, 3) der beim Ausschlagen sich bildende pulverförmige Abfall, das Ausschlageklein.

Die künstliche oder nasse Aufbereitung scheidet die zerkleinerten Erze von dem tauben Gesteine durch die ungleiche Geschwindigkeit, mit der beide in Folge

ihres verschiedenen specifischen Gewichtes im Wasser zu Boden sinken. Der Erfolg dieser Scheidung ist wesentlich von der Gleichförmigkeit der Form und Größe der Erztheilchen abhängig, weshalb und weil eine solche Gleichförmigkeit nie zu erreichen ist, die nasse Aufbereitung stets Verlust herbeiführt, indem kleinere Erzstückchen den größeren Stücken des Gesteins beigemengt bleiben. Die Erze werden entweder durch Hämmer zerschlagen oder zwischen Walzen zerdrückt und die erhaltenen Stücke sodann durch Siebe sortirt. Die Aufbereitung geschieht nun entweder durch das Siebsetzen oder auch durch das Pochwerk oder auch zuweilen durch die Anwendung beider.

Das Siebsetzen, eine erst in neuerer Zeit in Aufnahme gekommene, äußerst wirksame Aufbereitungsart, kommt dem Schlämmen ziemlich nahe, unterscheidet sich aber von letzterer Operation durch weit größere Dimensionen der zu trennenden Theile, so wie dadurch, daß es während des Schlämmens die Trennung feinerer und gröberer Theile eines und desselben Körpers bezwecken soll, indem die feineren im Wasser suspendirt bleiben, beim Siebsetzen alle Körner fast gleiche Größe haben, aber wegen ihres ungleichen specifischen Gewichtes mit verschiedener Schnelligkeit sich zu Boden setzen. Die Sonderung der leichteren Theilchen von den schwereren tritt indessen nicht blos durch das schnellere Niederfallen der letzteren im Wasser, sondern auch durch die stoßweise Bewegung des Siebes ein.

Das Siebsetzen wird durch Menschenhände auf Setzsieben (*brake-sieve*) ausgeführt. Die Siebe befinden sich in Fässern mit Wasser, den sogenannten Setzfässern, und sind an Balanciers mit Gegengewichten aufgehängt. Man fängt mit einem Siebe die Arbeit an, welches auf dem Quadratzoll vier Oeffnungen hat, indem man es mit dem zerkleinerten Erze zur Hälfte füllt, es dann in das Wasser des Setzfasses einsenkt, und nun mittelst einer Vorrichtung in kurzen Stößen in die Höhe schnellt und wieder herabsinken läßt. Durch ungefähr fünfzig solcher Stöße sammeln sich die schweren erzhaltigen Körner (Erzgraupen) zu unterst, die Gangart zu oberst an; letztere nimmt man, nachdem man das Sieb über den Wasserspiegel herausgehoben, ab, läßt die Erzgraupen aber in dem Siebe und füllt dieses wieder. Sobald sich durch Wiederholung der Arbeit eine ungefähr drei Zoll hohe Schicht von Erzgraupen angesammelt hat, hebt man auch diese heraus. Die durch das Sieb in das Setzfaß gefallenen Körner werden in ein zweites Sieb mit 16 Oeffnungen auf den Quadratzoll, und die durch dessen Oeffnungen hindurchgehenden Körner endlich in ein drittes Sieb mit 25 Oeffnungen auf den Quadratzoll gebracht. Man hat bereits mehrfache Versuche gemacht, Siebsetzmaschinen zu construiren, welche durch die Pochradwelle be-

wegt werden, die jedoch zu keinem befriedigenden Resultat geführt zu haben scheinen.

Da die Arbeit des Siebsetzens sich auf den Unterschied in dem specifischen Gewicht des Erzes und der Gangart gründet, so geht daraus hervor, daß, wenn die letztere aus einem specifisch schweren Gestein, z. B. aus Schwerspath, besteht, der Erfolg weit geringer sein muß, als wenn die Gangart aus Kalkstein, Quarz rc. zusammengesetzt ist.

§. 14.

Das fein eingesprengte Erz, welches schon bei der Scheidearbeit als zu arm für das Siebsetzen erkannt wurde, und die mittlere Schicht zwischen den Erzgraupen und der Gangart des Setzsiebes, heißen allgemein Pochgänge und bilden das Material für die nasse Aufbereitung. Der Zweck dieser Aufbereitungsart ist, die Pochgänge dadurch zugutezumachen, daß man sie, um Erz und Gangart von einander zu trennen, zerstampft und darauf einen Theil des tauben Gesteines durch Wasser abschlämmt. Es ist hierbei wesentlich, das Pochmehl in möglichst gleicher Größe des Kornes darzustellen und die Pochgänge nicht feiner zu pulverisiren, als die Größe des Kornes des eingesprengten Erzes es nöthig macht. In den Pochwerken (bocard, *stamp-mill*), in welchen das Zerkleinern geschieht, überläßt man nicht wie bei dem Siebsetzen das Erz der Wirkung seiner Schwere in einer unbewegten Flüssigkeit, sondern bewegt es durch fließendes Wasser, in welchem es sich nach der Größe des Kornes, dem specifischen Gewichte und der Gestalt an verschiedenen Stellen der Vorrichtung ablagert. Zuvörderst gelangen die Erze unter die Pochstempel, welche durch eine Daumenwelle gehoben werden und das Erz in dem Pochtroge zerstoßen. Während des Pochens wird fortwährend ein Strom Wasser zugeführt, der das gepochte Erz und Gestein, sobald die Zerkleinerung weit genug gediehen ist, fortspült und in die Mehlführung, eine Reihenfolge von flachen, hölzernen Graben oder Gerinnen, leitet. In den dem Pochtroge zunächst liegenden Graben setzt sich aus der Pochtrübe das schwerste Erz (rösche Erz), in den darauf folgenden das minder schwere und in den entferntesten breiten und flachen Behältern, den Sümpfen, das leichteste und feinste nebst dem Schlamme ab.

§. 15.

Die letzte Arbeit der Aufbereitung ist die Concentration des Pochmehls, was durch das Verwaschen auf Herden geschieht. Die Theorie dieser Operation ist einfach folgende. Betrachtet man das in jedem Graben der Mehlführung angesammelte, aus Erz und Gestein bestehende

Mehl, welches aus dem Wasser gleichzeitig sich absetzte, so ist es einleuchtend, daß im Allgemeinen die Gesteinpartikelchen größer sein müssen, als die Erztheilchen, da ja nur das größere Korn das niedrigere specifische Gewicht compensirt, und den Gesteintheilchen, die, wenn sie gleiche Größe mit den Erztheilchen hätten, langsamer fallen und also in einem spätern Graben sich absetzen würden, dieselbe Fallkraft ertheilt, wie den Erztheilchen. Bringt man nun dieses Gemenge von kleineren, aber schwereren, und größeren, aber leichteren Körnern auf eine schwach geneigte Fläche, über welche Wasser strömt, so erhalten die größeren Körner, weil sie dem Wasser eine größere Fläche darbieten, einen stärkeren Stoß als die kleineren, und werden demnach schneller als die letzteren fortgespült.

Man theilt die zur Concentration des Pochmehls dienenden Vorrichtungen in unbewegliche und bewegliche Herde oder Stoßherde. Beide unterscheiden sich wesentlich dadurch, daß der unbewegliche Herd dem auf seiner geneigten Ebene herabfließenden Wasser eine ruhende Unterlage darbietet, während diese bei dem beweglichen oder Stoßherde, durch schnell auf einander folgende Stöße bewegt, die Erschütterung den Körnern mittheilt.

Die einzelnen Theile eines Herdes sind: der Wasserkasten, die Bühne, welche das ausgeschlagene Pochmehl aufnimmt, aus welcher es auf den Herd niedergeschlämmt wird, und der Herd selbst, eine geneigte Ebene von Brettern gefertigt. Bei einigen wirkt ganz allein der Stoß des Wassers, bei anderen, wie z. B. bei dem Kehrherde oder Glauchherde (table dormante, table à balais, *nicking buddle*), wird das bis zu einer gewissen Länge des Herdes niedergeschlämmte Mehl mit einem Brettchen, der Kiste, wiederholt der Wirkung des Wassers entgegengestrichen, bis die Concentration des Erzes soweit gediehen ist, wie sie überhaupt ohne allzu großen Verlust ausgeführt werden kann.

Die beweglichen Herde oder Stoßherde (tables à secousse, t. mobiles) sind an Ketten oder Stangen aufgehängte Ebenen, bei welchen der Stoß des Wassers durch einen Stoß gegen die Stirn der Ebene unterstützt wird. Es werden dadurch die Erz- und Steintheilchen nicht nur in fortwährender Bewegung erhalten, sondern auch, während sie vom Wasser fortgerissen werden, beständig wieder zurückgeschnellt, was bei den weniger wirksamen Kehrherden durch das Streichen mit der Kiste zu erzielen ist.

Dem Stoßherd ähnlich ist der Sichertrog, er unterscheidet sich von dem ersteren durch kleinere Dimensionen und durch den stärkeren Stoß, welchen er erleidet; er ist im Allgemeinen wegen des größeren Erzverlustes nicht empfehlenswerth.

So zweckmäßig auch die zur nassen Aufbereitung bestimmten Vorrich-

tungen zu sein scheinen, so erfüllen sie doch ihre Bestimmung in ihrer gegenwärtigen Einrichtung nur sehr mangelhaft und es wird daher die nasse Aufbereitung mit Recht die schwache Seite des Bergwesens genannt, weil sie nur selten ohne großen Erzverlust, der in einzelnen Fällen selbst auf 50 Proc. steigen soll, auszuführen ist. Um diese Uebelstände zu beseitigen, ist vorgeschlagen worden, das gepochte Erz einem durch einen Ventilator erzeugten Luftstrom auszusetzen. Die Luft strömt nicht eher auf das Erz, als bis sie durch einen Behälter gegangen ist, der als Regulator dient, damit der Luftstrom gleichmäßig und ununterbrochen sich bewege. Das fortgerissene Erz setzt sich nach der Größe der Körner oder nach dem specifischen Gewichte in eine Reihe auf einander folgender, mit Schiebkästen versehener Räume ab, worauf sich das Erz bequem wieder herausnehmen läßt. Die Luft zieht zuletzt durch eine Esse ab. Die zur Prüfung des Vorschlags angestellten Versuche scheinen zu keinem genügenden Resultate geführt zu haben.

Das concentrirte Pochmehl, das an die Hütte abgegeben wird, heißt Schlieche und die Abgänge die Herdflut.

§. 16.

Durch die Operation der Aufbereitung erlangen die Erze jene Reichhaltigkeit, welche zu der Verarbeitung derselben in den Hütten erforderlich ist. Ehe man den Schmelzproceß einleitet, ist in vielen Fällen eine Vorbereitung der Erze nothwendig, die entweder in Verwittern und Abliegen der Erze an der Luft besteht, oder in einer Erhitzung ohne Luftzutritt, dem Brennen (calcinage, *calcining*), oder mit Luftzutritt, dem Rösten (grillage, rôtissage, *roasting*). Durch das Verwittern und Abliegen an der Luft bezweckt man eine mechanische Absonderung des Lettens und Schieferthones von den Erznieren, wie es hauptsächlich bei den Eisenerzen und bei dem Galmei vorkommt, auch zuweilen eine Orydation der Eisenerze und des beigemengten Schwefelkieses zu Eisenvitriol, der dann durch den Regen fortgewaschen wird. Das Brennen, Calciniren oder Mürbebrennen soll gewisse Erze, wie Eisensteine, Galmei, Kupferschiefer x., auflockern dadurch, daß flüchtige Stoffe, wie Wasser, Kohlensäure, bituminöse Substanzen, ausgetrieben werden, oder allein durch die ausdehnende Kraft der Wärme. Durch das Rösten bewirkt man eine ähnliche, aber durchgreifendere Wirkung; man erhitzt dabei die Erze bis zu einer Temperatur, bei welcher noch keine Schmelzung stattfindet, wol aber chemische Einwirkung der Luft und Wärme, zuweilen auch fester Zuschläge wie Kochsalz auf das zu röstende Erz stattfinden kann.

Man will durch das Rösten bezwecken:

1) eine Verflüchtigung gewisser Bestandtheile durch Oxydation; dieser Röstmethode werden gewöhnlich Schwefel-, Arsen- und Antimonverbindungen unterworfen, wobei schweflige Säure, arsenige Säure und Antimonoxyd sich verflüchtigen, während entweder Metall hervortritt, wie beim Rösten von Zinnober, oder sich die Metalle in Oxyde oder in schwefelsaure Salze umwandeln. Die verflüchtigten Substanzen lassen sich zum Theil auffangen und nutzbar machen, so die schweflige Säure zur Darstellung von englischer Schwefelsäure, die arsenige Säure 2c.;

2) eine Verflüchtigung gewisser Bestandtheile durch Reduction; sie kommt seltener und hauptsächlich bei schwefelsauren und arseniksauren Metalloxyden durch Erhitzen derselben mit Kalk vor, wobei der Schwefel als schweflige Säure, das Arsenik als solches entweicht;

3) eine Verflüchtigung durch Ueberführung in Chlormetalle, wenn bei der Röstung des Erzes mit Kochsalz bei Zutritt der Luft sich zum Theil flüchtige Chlorverbindungen erzeugen, wie es bei der Silbergewinnung durch Amalgamation und nach der Methode von Augustin der Fall ist.

§. 17.

Auf die Vorbereitung folgt das Zugutemachen der Erze, wobei in der Regel der Schmelzproceß Anwendung findet, durch welchen man die Ausbringung des Metalles oder einer Verbindung desselben beabsichtigt. Diejenigen chemischen Operationen im Großen, welche mit der Ausbringung eines Metalles oder einer Verbindung desselben endigen, nennt man Hüttenprocesse.

Nur selten macht man einzelne Erzsorten für sich allein zugute, in den meisten Fällen mischt man ärmere und reichere Erze derselben Art, um die Erzmasse auf einen gewissen mittleren Gehalt zu bringen. Diese Mengungsarbeit nennt man das Gattiren (Maschen, Mischen). Man bezweckt dabei auch die verschiedenen Gangarten, welche die Erze begleiten, in der Weise zu mengen, daß sie beim darauf folgenden Schmelzen zur Bildung einer Schlacke von erforderlicher Beschaffenheit beitragen. Wo durch das Gattiren der Erze eine solche Beschaffenheit nicht herzustellen ist, setzt man gewisse Substanzen hinzu, die man je nach ihrer Wirkung Zuschläge oder Flüsse nennt. Zuschläge veranlassen die Abscheidung eines nutzbaren Bestandtheils aus einem Erze oder aus einem Hüttenproducte und dienen zu dessen Ansammlung. Die Zuschläge sind Röstzuschläge, wie Kohle, gebrannter Kalk, Kochsalz, Schmelzzuschläge, wie Quarz und gewisse Silicate (Hornblende, Feldspath, Augit, Grünstein, Chlorit, Schlacken), Kalkmineralien,

wie Kalkstein, Flußspath, Gyps, Schwerspath, Thonmineralien, wie Thonschiefer, Lehm u. s. w., salzige Zuschläge, wie Potasche, Borax, Glaubersalz, Salpeter, metallische Zuschläge, wie Eisen (bei der Zerlegung von Zinnober und Bleiglanz), Zink (zur Extraction des Silbers aus Werkblei), Arsenik (zur Anreicherung des Nickel- und Kobaltgehaltes in Speisen), Eisenhammerschlag, Rotheisenstein und Braunstein (beim Frischen des Roheisens); salzige Zuschläge, zu welchen vorzüglich die eisenoxydulreichen Frischschlacken gehören, welche entweder durch ihren Sauerstoffgehalt (beim Eisenfrischen) oder durch ihren Eisengehalt als Niederschlagsmittel (zum Niederschlagen des Bleies aus dem Bleiglanz) wirken.

Die Flüsse befördern nur die Abscheidung des Metalles, indem das Erz leicht flüssiger gemacht wird und die ausgebrachten Metalltheilchen sich leichter vereinigen können. Man kann die Flüsse in drei Abtheilungen bringen, nämlich 1) in solche, die auf das Schmelzgemenge nicht wesentlich chemisch einwirken, sondern nur Leichtflüssigkeit und Verdünnung bewirken; hierher gehören Flußspath, Borax, Kochsalz, verschiedene Schlackensorten, 2) in solche, welche außerdem auch reducirend wirken, wie ein Gemenge von Weinstein und Salpeter (schwarzer Fluß), 3) in diejenigen, deren Wirkung endlich auch noch in einer absorbirenden, entweder von Säuren oder von Basen besteht; letztere Abtheilung schließt sich an die Zuschläge an.

Das Vermengen der Erze mit Zuschlägen und Flüssen wird das Beschicken (Möllern, Auflaufen) genannt.

§. 18.

Durch die Hüttenprocesse werden die Hüttenproducte erzeugt, welche sind 1) durch den Schmelzproceß fallende Metalle — Educte —. Der relative Grad ihrer Reinheit wird bei edlen Metallen mit fein (Feinsilber, Feingold), bei unedlen Metallen mit gar oder roh (Garkupfer, Roheisen) bezeichnet. Ein höherer Grad von Reinheit wird durch das Wort raffinirt ausgedrückt. 2) Solche Hüttenproducte, welche in den Erzen nicht fertig gebildet enthalten sind, sondern erst während des Zugutemachens in der Weise sich bilden, daß mehrere Bestandtheile der Erze und der Beschickung sich vereinigen, nennt man Hüttenfabrikate; sie sind meist schon Handelswaare; es gehört hierher das antimon- und arsenikhaltige Hartblei, der Stahl, die arsenige Säure, Operment und Realgar, das Schwefelantimon ꝛc. Bei der Erzeugung der Educte bilden sich vielfache Nebenproducte, die, wenn sie noch so viel von dem auszubringenden Metalle enthalten, daß die weitere Verarbeitung möglich wird, 3) Zwischenproducte, im entgegengesetzten Falle, in welchem sie als nichtschmelzwürdig aus

der Hütte entfernt werden, 4) Abfälle heißen. Die Zwischenproducte sind Legirungen (Tellersilber aus Silber, Kupfer und Blei bestehend; Werkblei, Blei mit etwas Silber, Kupfer; Schwarzkupfer, Kupfer mit Eisen, Blei ꝛc.), Schwefelmetalle (Steine, Leche), Arsenikmetalle (Speisen, so z. B. die Kobaltspeise der Blaufarbenwerke), Kohlenmetalle (z. B. Roheisen und Stahl), Oxyde (z. B. Bleiglätte).

Die hauptsächlichsten Hüttenabfälle sind die Schlacken (scories, *slags*), jene glas- oder emailähnlichen Massen, deren wichtigste die Silicatschlacken, d. h. Verbindungen der Kieselsäure mit Erden und Metalloxyden sind. Ihre Beschaffenheit ist von ihrem Gehalte an Kieselsäure abhängig; in Bezug darauf theilt man sie in Sub-, Singulo-, Bi- und Trisilicate, welche folgende chemische Formeln haben:

Subsilicat	$SiO_3, 6\,RO$	oder	$SiO_3, 2\,R_2\,O_3$.
Singulosilicat	$SiO_3, 3\,RO$	„	$SiO_3, R_2\,O_3$.
Bisilicat	$2\,SiO_3, 3\,RO$	„	$2\,SiO_3, R_2\,O_3$.
Trisilicat	SiO_3, RO	„	$3\,SiO_3, R_2\,O_3$.

Die Schlacken sind entweder glasig oder krystallinisch. Aus den krystallinischen Schlacken scheiden sich oft krystallinische Partien von Silicaten aus, welche völlig mit gewissen Mineralien übereinstimmen, so z. B. Augit, Wollastonit, Glimmer, Idokras, Chrysolith, Feldspath u. s. w. Die Gemenge der Singulosilicate geben im Allgemeinen dünnflüssige (frische oder basische), schnell erstarrende Schlacken, die Bi- und Trisilicate dagegen zähflüssige (saigere oder saure) und nur langsam fest werdende.

Erster Abschnitt.

Die Ausbringung der Metalle aus ihren Erzen.

Das Eisen.

§. 19.

Das Eisen (fer, *iron*) war schon im Alterthume bekannt. Moses erwähnt das Eisen und die Eisenschmelzöfen und läßt die Kenntniß dieses Metalles bis vor die Sündfluth zurückgehen, indem er aus jener Zeit (1. Buch, Cap. 4. V. 22) den Sohn der Zilla, Tubalkain, als einen Meister anführt „in allerlei Erz und Eisenwerk". Bei Homer (Odyss. XXIV, v. 167; Il. IV, v. 485 und XX, v. 372; Il. I, v. 366) ist schon von der Bearbeitung des Eisens die Rede. Die Griechen verlegten die erste Bekanntschaft mit der Kunst der Eisenbearbeitung in die fabelhafte Zeit des Prometheus und der Cyclopen. Sicher ist, daß im Alterthume viele Gegenstände zu Zwecken der Landwirthschaft und der Gewerbe, welche gegenwärtig aus Eisen verfertigt werden, aus Kupfer oder Kupferlegirungen hergestellt wurden, daß überhaupt die Verbreitung des Gebrauches des Eisens lange Zeit hinter dem des Kupfers und seiner Legirungen zurückblieb.

Das Eisen ist ohne Zweifel das wichtigste und nützlichste der Metalle, da sein Gebrauch mit allen Zweigen der Technik und fast allen Bedürfnissen des Lebens auf das innigste verwebt ist. An kein anderes Metall ist in so hohem Grade die Gewinnung der nützlichsten und unentbehrlichsten Güter, die Erleichterung und Beschleunigung des Verkehrs, die Zunahme des industriellen Kapitals geknüpft, als an das Eisen. Selbst wenn man — mit Mischler[1]) — nicht der Meinung mehrerer neuerer Metallurgen beipflichtet, welche die Eisenproduction eines Landes als Maßstab für dessen Civilisation annehmen, so ist doch nicht zu läugnen, daß das Eisen ein verwendungsfähiger Rohstoff von hoher, stets steigender Bedeutung ist. Man mag

1) P. Mischler, Das deutsche Eisenhüttengewerbe, Stuttgart 1852, Bd. I. p. 18 und 23.

auf die nothwendigen Hilfsmittel der gewöhnlichen Handwerke, auf die täglichen Bedürfnisse im häuslichen Leben oder auf den Betrieb der Fabriken und Manufacturen und die dazu erforderlichen Werkzeuge und Maschinen, auf die Production in ihren einzelnen Zweigen, auf den Handel mit seinen Verkehrswegen, oder auch auf die Consumtion und das Raffinement des Luxus und der Bequemlichkeit sehen, und überall begegnet man einem großen, unabweisbaren Bedürfniß nach Eisen. Erwägt man zudem noch den rasch steigenden Bedarf für Maschinenbau und Eisenbahnen, für Land- und Wasserbaukunst, so erlangt man die Ueberzeugung, daß das Gewerbe der Eisenproduction eines Landes, so wie es einerseits bereits einer der vielgestaltigsten Productionszweige ist, andererseits ein kräftig wirkender Sporn zum großartigen Betrieb des Fabrikwesens, zur Erweiterung der Industrie sein muß.

Ist es wahr, daß der Verbrauch an Seife in einem Lande als Werthmesser für dessen Wohlstand und Cultur gelten kann, so sprechen gewichtige Gründe dafür, daß der Eisenverbrauch ein weit sichererer Maßstab zur Bemessung von Wohlstand, Cultur und Macht verschiedener Völker ist, denn erst ein höher entwickelter Geist einer Nation und die Nothwendigkeit, mit bester Benutzung von Zeit, Kraft und Kapital rasch, sicher und gut zu arbeiten, erkennt das Eisen als mächtiges Erleichterungs- und Förderungsmittel, als Hebel der Production, als Nerv der Industrie, und es steigt der Eisenverbrauch in dem Grade, als Geistesentwickelung und mit ihr allgemeinere Bildung und Kenntnisse, das Streben nach höheren und feineren Genüssen zunehmen, als der Organismus der gewerblichen Thätigkeiten sich verfeinert und vervollkommnet. Das Eisen spielt die Rolle eines wesentlichen Culturmittels. Was in unserer Zeit der Menschengeist Großes schafft, könnte nicht gedacht, nicht vollbracht werden, ohne das Metall, das die alte Zeit in der Reihe zu unterst gestellt. Eisen ist die Grundlage der Civilisation.

§. 20.

Das technisch angewendete Eisen ist nie chemisch rein, sondern enthält von ungefähr 0,5 bis gegen 8 Proc. fremde Körper, unter welchen der Kohlenstoff der wichtigste ist. Jene fremden Körper sind aber nur zum kleinsten Theile als Verunreinigungen zu betrachten, das Streben bei der Ausbringung des Eisens geht vielmehr dahin, das Eisen mit der erforderlichen Art und Quantität derselben zu verbinden, wo es dann unter gänzlich verändertem Charakter, mit neuen und nutzbaren Eigenthümlichkeiten begabt, auftritt. Man gebraucht in der Industrie drei Abänderungen des Eisens, nämlich 1) das Gußeisen oder Roheisen (fonte, *cast iron*, *pig iron*), 2) das Schmiede- oder Stabeisen (fer, *soft iron*, *wrought iron*), 3) den

Stahl (acier, *steel*). Das Roheisen ist das durch reducirende Schmelzung unmittelbar aus den Eisenerzen gewonnene kohlenstoffreichste Eisen; es vereinigt große Festigkeit und Härte mit einem gewissen Grade der Leichtschmelzbarkeit. Das Schmiedeeisen ist das durch einen oxydirenden Schmelzproceß von seinen fremden Bestandtheilen größtentheils befreite und dadurch geschmeidig gewordene Roheisen; es ist äußerst schwer schmelzbar, aber schweißbar und dabei sehr zähe. Der Stahl steht hinsichtlich seiner Eigenschaften und seiner Zusammensetzung (Kohlenstoffgehaltes) ungefähr in der Mitte zwischen Gußeisen und Schmiedeeisen.

Eigenschaften des Roheisens.

§. 21.

Bei dem Verschmelzen der Eisenerze nach dem gewöhnlichen Verfahren nimmt das Eisen während der Reduction wesentlich Kohle und geringe Mengen anderer Stoffe, wie Schwefel, Phosphor, Silicium, Arsenik, Mangan, Aluminium rc., auf. Das gekohlte Eisen — Roheisen oder Gußeisen — wird nach seiner Farbe, so wie anderweitigen physikalischen und chemischen Eigenschaften in weißes und graues Roheisen eingetheilt. In dem weißen Roheisen oder Hartfloß (fonte blanche, *white cast-iron, forge-pig*) ist aller Kohlenstoff (4—5 Proc.) chemisch mit dem Eisen verbunden, während das graue Roheisen oder Weichfloß (fonte grise, *grey metal, foundry pig*) nur wenig chemisch gebundenen Kohlenstoff (0,5—2 Proc.), aber viel mechanisch, in Gestalt von Graphitblättchen, beigemengten (1,3—3,7 Proc.) enthält. Das graue Roheisen ist von hellgrauer bis dunkelschwarzer Farbe und von körniger, niemals krystallinischer Textur; es ist weich und zähe, selbst etwas geschmeidig und so weich, daß es mit der Feile, dem Bohrer u. s. w. bearbeitet werden kann und zwar in der Regel um so leichter, je dunkler es ist, daher auch die Benennung Weichfloß und seine Anwendbarkeit zu Gußwaaren, die einer späteren Bearbeitung bedürfen. Im starken Rothglühen ist es so weich, daß es mit einer schnell bewegten Holzsäge geschnitten werden kann. Das weiße Roheisen wird bei einer silberweißen Farbe und bei stark spiegelnden Flächen Spiegeleisen oder Spiegelfloß, auch wol wegen seiner Hauptbenutzung zu Stahl Rohstahleisen, bei stahlig faserigem Gefüge und bläulich grauer Farbe blumiges Floß genannt. Das luckige (löcherige) Floß ist bläulichweiß, von feinzackigem Bruche und sehr porös; es steht in der Mitte zwischen grauem und weißem Roheisen. Kommen graues und weißes Roheisen gemeinschaftlich, aber ein jedes für sich in einem Stücke vor, so bezeichnet man das Roheisen mit streifig und spanglig, Roheisen mit grauer

Naht oder Saum; kommen dagegen beide Roheisensorten, das eine in die Masse des andern zerstreut, vor, so heißt ein solches Roheisen halbirtes Roheisen (fonte truitée, *motled iron*) und zwar schwachhalbirtes, wenn das graue Roheisen vorherrscht, und starkhalbirtes bei überwiegendem weißen Roheisen.

§. 22.

Weißes Roheisen bildet sich, wenn das aus dem Hohofen fließende Roheisen durch möglichst schnelle Abkühlung, z. B. durch Gießen desselben in gußeiserne Formen oder in feuchten Sand, verhindert wird, seinen Kohlenstoff zum Theil als Graphit abzuscheiden. Ein Vorhandensein von größern Mengen von Schwefel, Phosphor oder Mangan im Roheisen oder mangelnder Kohlenstoff begünstigen die Bildung von weißem Roheisen. An absoluter und relativer Festigkeit steht das weiße Roheisen dem grauen nicht unbedeutend nach. Karsten zieht in Bezug auf die absolute Festigkeit des grauen Roheisens aus den Versuchen von Tredgold, Muschenbroek u. A. den Schluß, daß diejenige Sorte, welche erst bei einer Belastung von 18,000 Pfd. auf ein Quadratzoll Querschnittsfläche zerreißt, zu den besten Sorten zu rechnen sei; bei $^2/_3$ dieser Belastung wird die Elasticitätsgrenze (s. Seite 17) noch nicht überschritten. Die zur Ermittelung der relativen Festigkeit des grauen Roheisens angestellten Versuche sind nicht zuverlässig. Die rückwirkende Festigkeit ist beim weißen Roheisen größer als beim grauen, bei letzterem größer als beim Stabeisen. Das specifische Gewicht des weißen Roheisens ist im Durchschnitt 7,5, das des grauen 7,10; das Gewicht eines preußischen Kubikfußes Roheisen beträgt etwa 475 preuß. Pfunde. Der Schmelzpunkt des Roheisens liegt durchschnittlich bei 1600° C. Weißes Roheisen schmilzt im Allgemeinen leichter als graues, ersteres ist gar nicht, letzteres nur mehr oder minder unvollkommen schweißbar. Flüssiges Roheisen hat ein größeres Volumen als festes, dagegen nimmt das Roheisen, das fast bis zum Schmelzpunkte erhitzt ist, einen größeren Raum ein als das geschmolzene Roheisen. Kaltes Roheisen sinkt in geschmolzenem Roheisen unter, während stark erhitztes darauf schwimmt. Daraus erklärt sich, warum sich das Roheisen so gut zum Gießen eignet. Indem das geschmolzene Metall in der Form fest zu werden beginnt, nimmt es einen etwas größeren Raum ein und giebt demnach die Umrisse schärfer wieder. Nach völligem Erstarren zieht es sich selbstverständlich durch die fortschreitende Erkaltung zusammen. Bei der Anfertigung der Modelle muß auf das Schwindemaß des Eisens, d. h. auf das Verhältniß, nach welchem sich dasselbe im geschmolzenen Zustande ausdehnt und beim Erkalten wieder zusammenzieht, Rücksicht genommen werden. Graues Roheisen schwindet durchschnittlich

1½ Proc. seiner Längendimensionen, weißes 2—2½ Proc. Das weiße Roheisen ist im geschmolzenen Zustande dickflüssiger als das graue, erstarrt leichter in den Formen und füllt sie weniger gut aus; es eignet sich aus diesem Grunde weniger zur Gießerei, als zur Umwandelung in Schmiedeeisen und Stahl.

Den Punkt mit Sicherheit anzugeben, bei welchem das Roheisen aufhört und der Stahl beginnt, ist außerordentlich schwierig. Karsten nennt ein kohlenstoffhaltiges Eisen so lange noch Roh- oder Gußeisen, als es in der Kälte undehnbar ist und sich daraus bei langsamem Erkalten Graphit abscheidet, was noch bei 2,25—2,30 Proc. Kohlenstoffgehalt geschieht. Der Stahl ist, wenn er 1,75 Proc. Kohle enthält, nur wenig, bei 1,9 Proc. kaum schmiedbar, bei 2,0 Proc. geht er schon in Roheisen über.

Eigenschaften des Schmiedeeisens.

§. 23.

Das Schmiedeeisen, Stabeisen, Frischeisen (*fer, soft iron, wrought iron*), gleichviel ob es durch Erkohlung aus dem Roheisen oder direct aus den Eisenerzen gewonnen worden ist, unterscheidet sich dadurch von dem Roheisen, daß es bei einem Kohlenstoffgehalt von 0,25 bis 0,50 Proc. im gewöhnlichen Ofenfeuer nicht geschmolzen werden kann, dagegen streckbar, schweißbar und weich ist. Seine Farbe ist lichtgrau ins Hellbläulichgraue, fast Silberweiße, oder ins Dunkelgraue übergehend. Das Schmiedeeisen ist ein Aggregat von Fasern, welche nach der Ansicht von Fuchs durch Aneinanderreihung von höchst kleinen Krystallen gebildet sind. Durch heftige Erschütterungen, Stöße (wie z. B. bei Eisenbahnaxen) ꝛc. wird der Zusammenhang zwischen den kleinsten Theilchen aufgehoben und die fasrige Textur geht in die körnige über, wodurch die Qualität des Eisens sich verschlechtert. Es ist bei weitem weicher als das weiße und hellgraue Gußeisen und läßt sich daher leicht feilen, mit Meißel, Hobelmaschine ꝛc. bearbeiten. Durch Ablöschen in kaltem Wasser wird Schmiedeeisen nicht bedeutend härter. Von großer technischer Wichtigkeit ist die Festigkeit des Stabeisens, an absoluter und relativer Festigkeit übertrifft es das Roheisen. Die absolute Festigkeit beträgt für den Quadratzoll bei geschmiedeten oder gewalzten Stäben 28,500—67,000 Pfund. Die Geschmeidigkeit des Schmiedeeisens räumt diesem Metall eine der ersten Stellen unter den geschmeidigen Metallen ein. Auf den Grad der Geschmeidigkeit des Schmiedeeisens sind Temperatur, chemische Beschaffenheit und mechanische Anordnung von Einfluß. Durch Erhitzen bis zum Glühen nimmt die Geschmeidigkeit zu. Daß die chemische Beschaffenheit von großem Einflusse auf die Geschmeidigkeit des Schmiede-

eisens ist, geht daraus hervor, daß diejenigen zufälligen Bestandtheile, die das Schmiedeeisen häufig verunreinigen, wie Phosphor, Schwefel und Silicium, das Eisen brüchig machen. So wird das Schmiedeeisen durch beigemengten Phosphor kaltbrüchig (cassant à froid, *cold short*), d. h. es ist in der Kälte spröde, läßt sich aber in der Hitze wie gutes Schmiedeeisen schmieden. Schwefel, ebenso Silicium und Kupfer, machen das Eisen rothbrüchig (cassant à chaud, *hot short*); es läßt sich dieses Eisen zwar in der Schweißhitze gut schweißen und schmieden, zeigt aber bei abnehmender Temperatur, besonders in der Rothglühhitze, beim Schmieden und Bearbeiten leicht Sprünge und Risse an den Kanten. Silicium macht, wenn es über 0,05 Proc. beträgt, das Eisen hart und mürbe (faulbrüchig). Durch Calcium verringert sich die Festigkeit und Schweißbarkeit (es wird habrig). Die mechanische Anordnung ist endlich auch von großem Einfluß auf die Geschmeidigkeit; durch Hämmern erleiden z. B. die Moleküle eines Eisenstabes eine Andersgruppirung und das Eisen wird härter, verliert an Geschmeidigkeit, gewinnt aber an Elasticität. Durch Ausglühen wird es wieder weich und geschmeidig. Das specifische Gewicht des Schmiedeeisens variirt zwischen 7,3 und 7,9, kann demnach durchschnittlich zu 7,6 angenommen werden. Das Gewicht eines preußischen Kubikfußes Schmiedeeisen läßt sich im Durchschnitte zu 514 preuß. Pfunden veranschlagen. Beim Erhitzen durchläuft das Schmiedeeisen folgende Stadien des Glühens:

Anlaufen des Eisens	bei 400° C.	Lichtes Glühen	bei 1200° C.
Anfang des Rothglühens	„ 525°	Weißglühen	„ 1300°
Dunkelrothglühen	„ 700°	Starkes Weißglühen	„ 1400°
Kirschroth	„ 800—1000°	Blendendes Weißglühen	„ 1500—1600°
Dunkelorange	„ 1100°	Schmiedeeisen schmilzt gegen 2000°	

In der Weißglühhitze (Schweißhitze, chaude suante, *welding-heat*) erweicht das Schmiedeeisen dergestalt, daß es mit Leichtigkeit gebogen, gewalzt und durch den Hammer bearbeitet werden kann; getrennte Stücke lassen sich in diesem Zustande durch Druck gleichsam zusammenkneten oder schweißen. Die Schweißbarkeit, welche außer dem Eisen nur noch dem Platin (Palladium, Kalium, Natrium) zukommt, begründet die Anwendung des Eisens zu geschmiedeten Gegenständen. Wird Schmiedeeisen an der Luft bis zum Glühen erhitzt, so oxydirt es sich oberflächlich und überzieht sich mit einer spröden, schwarzgrauen Rinde von Eisenoxyduloxyd (Glühspan, Hammerschlag, Schmiedesinter, Zunder, écailles, battiture de fer, pailles de fer, *scale*). Die Bildung dieses Oxydüberzuges ist nicht allein die Quelle von Verlust (Abbrand), sondern kann auch unter gewissen Verhältnissen einen eisernen Gegenstand unbrauchbar machen, wenn er sich z. B.

unter dem Walzwerk in dasselbe eindrückt. Unter dem Hammer wird der Glühspan vollständig entfernt. Schmiedeeisen behält seine gute Beschaffenheit bei, wenn es unter einer Decke von Glühspan, Schlacken oder Sand (Schweißsand) schnell und bei möglichst abgehaltener Luft erhitzt wird (saftige Schweißhitze). Durch anhaltendes Glühen bei freiem Luftzutritte (trockne Schweißhitze) verliert es bedeutend von seiner Zähigkeit, wird mürbe und weich und heißt in diesem Zustande überwärmtes oder verbranntes Eisen. Man giebt solchem Eisen die gute Beschaffenheit dadurch wieder, daß man es mit geschmolzener Schlacke bedeckt, bis zum Weißglühen erhitzt und überschmiedet. Unganz (pailleux, cendreux) wird das Schmiedeeisen genannt, wenn der Zusammenhang im Innern durch eingemengte Schlackentheilchen unterbrochen ist; bei der Verarbeitung lösen sich unganze Stellen von der Hauptmasse als Schiefer ab. Kleine unganze Stellen, die sich erst beim Poliren als graue Flecken bemerkbar machen, nennt man Aschenlöcher (cendrures).

§. 24.

Farbe und Glanz des Schmiedeeisens stehen in innigem Zusammenhange und diese Eigenschaften stehen in solcher Beziehung zur Zähigkeit und Dehnbarkeit, daß der Bruch ein untrügliches Kennzeichen für die Güte des Schmiedeeisens wird. Bei gutem Schmiedeeisen findet sich stets eine lichte Farbe bei geringem Glanze und eine dunkelgraue Farbe mit hohem Glanze. Schmiedeeisen von weißer Farbe und starkem Glanze, und dunkelaschgrauer Farbe und dabei glanzlos (matt) ist daher für spröde oder mürbe zu halten, selbst wenn der Bruch fasrig oder sehnig sein sollte.

Man unterscheidet verschiedene Sorten Schmiedeeisen, die jedoch fast immer auf eine der folgenden Modificationen zurückgeführt werden können:

1) Weiches und zähes Eisen. Es ist die dehnbarste Varietät und läßt sich sowol kalt als warm biegen, ohne zu bersten; es zeigt grauweiße Fasern. Beim Schmieden verbrennt es leicht und verliert an Qualität, wobei es in weiches und sprödes Eisen (3) übergeht; in vielen Fällen zieht man daher die folgende kohlenstoffreichere Varietät vor.

2) Hartes und zähes Eisen. Es kann kalt wie warm nach allen Richtungen gebogen werden, ohne Risse zu bekommen; es ist härter als die vorige Sorte. Im Essenfeuer wird es besser, und zwar wenn es kohlenstoffreich ist. Der eindringende Glühspan wird auf Kosten des Kohlenstoffs reducirt und das Eisen wird kohlenstoffärmer, aber weicher.

3) Weiches und sprödes Eisen entsteht, wenn weiches und zähes Eisen (1) beim Schmieden verbrennt. In der Wärme läßt es sich leicht bie-

gen, in der Kälte bricht es. Seine Sprödigkeit hat in der mechanischen Beimengung von etwas Glühspan ihren Grund.

4) Hartes und sprödes Eisen hat in Folge fehlerhaften Frischens zu viel Kohle; es läßt sich nur schwer schmieden und bricht schon in der Kälte, zuweilen auch in der Wärme.

5) Weiches und brüchiges Eisen läßt sich in der Kälte schmieden und bei einiger Vorsicht auch biegen; unter heftigen Schlägen bricht es.

6) Hartes und brüchiges Eisen läßt sich warm biegen, kalt bricht es mit Leichtigkeit (kaltbrüchig).

7) Hartes und rothbrüchiges Eisen läßt sich kalt biegen, bricht aber in der Rothglühhitze.

§. 25.

Die Güte des Schmiedeeisens ist im Allgemeinen von der Festigkeit und Geschmeidigkeit desselben abhängig. Das Ansehn der frischen Bruchfläche kann schon als Werthmesser für die Qualität des Eisens dienen. Andere Proben zur Beurtheilung der Güte sind folgende: 1) die Wurfprobe, wobei die zu prüfende Eisenstange von einer bestimmten Höhe oder auch nur mit hochgehobenem Arme des Arbeiters auf einen schmalrückigen Ambos oder auf einen Steinblock geworfen wird, wobei kein Bruch erfolgen darf; 2) die Fallprobe, bei welcher man ein bestimmtes Gewicht von bestimmter Höhe auf die hohlliegende Mitte des von zwei Unterlagen gestützten Eisenstabes fallen läßt; 3) die Krümmungsprobe; man schlägt den hohlliegenden Stab an beiden Enden und in der Mitte krumm und darauf wieder gerade; 4) die Biegungsprobe; man biegt einen Eisenstab an der nämlichen Stelle hin und her bis zum Eintreten des Bruches und notirt die Anzahl der erforderlich gewesenen Biegungen; 5) die heiße Probe; das Eisen wird bis zur Gelbweißglühhitze erhitzt und dann ausgebreitet, gebogen und gelocht, es darf weder Kantenrisse noch Brüche bekommen; 6) die Feilenprobe; es wird die Oberfläche blank gefeilt, um zu sehen, ob sich unganze Stellen und Aschenlöcher, Längenrisse u. dgl. zeigen; 7) die Aetzprobe; es wird das blank gefeilte Stück in Wasser gebracht, das mit Schwefelsäure oder Salpetersäure angesäuert worden ist; eine mehr oder weniger fleckige oder streifige Beschaffenheit der Oberfläche giebt unganze Stellen und Risse zu erkennen.

Was die Anwendbarkeit der verschiedenen Stabeisensorten für praktische Zwecke betrifft, so ist hartes krystallinisches Eisen überall dort vorzuziehen, wo der Reibung zu widerstehen ist, wie z. B. zu den äußersten Theilen der Tyres, zu den Köpfen der Eisenbahnschienen, ferner zu Gegenständen, welche eine dauernde Politur erhalten sollen. Zähes fadiges Eisen eignet sich dagegen

am besten für Maschinentheile, den Fuß von Eisenbahnschienen, für Ketten und Anker, überhaupt für Gegenstände, bei welchen Widerstandsfähigkeit gegen Last und Schlag Haupterforderniß ist.

Eigenschaften des Stahls.

§. 26.

Der Stahl (acier, *steel*) ist ein kohlenstoffhaltiges Eisen, dessen Kohlengehalt in der Mitte zwischen dem des Roheisens und des Schmiedeeisens steht. Außer dem Kohlenstoff finden sich besonders Mangan und Silicium im Stahle; in geringen Mengen können jedoch alle diejenigen Körper vorkommen, welche sich als Verunreinigungen im Roheisen und im Schmiedeeisen finden. Der Gehalt an Kohlenstoff ist nie geringer als 0,9 Proc., nie höher als 1,9. Die Farbe des Stahls ist graulichweiß, zuweilen fast rein weiß, so daß Stahl und Schmiedeeisen im polirten Zustande nicht immer durch ihre Farbe, ebenso wenig als durch ihren Glanz von einander unterschieden werden können. Die körnig zackige Textur des Stahles ist charakteristisch; guter weicher Stahl geht nie weder in die grobkörnige Textur des grauen Roheisens, noch in das Sehnige des Schmiedeeisens über. Je dichter und gleichartiger das Korn, desto besser ist der Stahl. Gehärteter Stahl gleicht auf seiner Bruchfläche dem feinsten Silber und die Körner sind kaum mit unbewaffnetem Auge zu unterscheiden. Das specifische Gewicht der verschiedenen Stahlsorten fällt zwischen 7,62 und 7,81, als Durchschnitt nimmt man 7,7 an. Ein preuß. Kubikfuß Stahl wiegt ungefähr 508 Pfund; am dichtesten ist Gußstahl, weniger dicht Cementstahl. Die Härte des Stahls ist eine seiner technisch wichtigsten Eigenschaften. Selbst ungehärteter Stahl ist härter als Schmiedeeisen. Gehärteter Stahl nimmt aber eine solche Härte an, daß er von der besten Feile nicht angegriffen wird und Glas schneidet, obgleich er nie den hohen Härtegrad des weißen Roheisens, besonders des Spiegeleisens ganz erreicht. An absoluter Festigkeit und an Elasticität übertrifft der ungehärtete Stahl das Schmiedeeisen fast um das Doppelte. Man kann annehmen, daß die Festigkeit für einen Querschnitt von 1 Quadratzoll rhein. wenigstens 120,000 preuß. Pfunde beträgt. Durch das Härten nimmt die Festigkeit des Stahles etwas ab (bis auf ungefähr 110,000 Pfd.); durch Wiedererwärmen bis auf einen gewissen Grad kann sich die Festigkeit bis auf 130,000, ja selbst bis auf 150,000 Pfd. steigern. Der Stahl kann, wie aus in dieser Hinsicht angestellten Versuchen hervorzugehen scheint, mehr als $^1/_2$, vielleicht $^2/_3$ der angegebenen Belastungen tragen, ohne daß die Elasticitätsgrenze überschritten wird. Ueber die relative und rückwirkende Festigkeit des Stahls ist mit Sicherheit nichts bekannt. Man kann jedoch anneh-

men, daß Stäbe aus gehärtetem und wieder angelassenem Stahle bei möglichster Dünne das geeignetste Material seien, um hängend oder stützend große Lasten zu tragen. Die als Elasticität auftretende Biegsamkeit, welche gutem Stahle in hohem Grade zukommt, nimmt mit der Härte ab. Man verzichtet deshalb auf hohen Härtegrad, wenn große Festigkeit verlangt wird, und umgekehrt. Gehärteter Stahl ist so spröde, daß er unter dem Hammer springt, je höher aber weicher und gehärteter Stahl erhitzt werden, desto geschmeidiger zeigen sich beide. Der Schmelzpunkt des Stahls liegt zwischen dem des Roheisens und dem des Schmiedeeisens, demnach bei 1700 bis 1900° C. Bis zum Weißglühen erhitzt, erweicht der Stahl und läßt sich in diesem Zustande schweißen, und zwar kann nicht blos Stahl mit Stahl, sondern auch Stahl mit Schmiedeeisen zusammengeschweißt werden. Zu häufiges und zu starkes Glühen macht den Stahl grobkörnig und mürb (überhitzter, auch verbrannter Stahl) und wandelt ihn in ein dem Schmiedeeisen nahestehendes Eisen um. Soll Stahl geschmolzen werden, ohne daß derselbe an Qualität verliert, so muß er weder der Luft ausgesetzt, noch unter einer Kohlenschicht, sondern unter einer Sand- oder Schlackendecke geschmolzen werden.

§. 27.

Man unterscheidet weichen oder ungehärteten und harten oder gehärteten Stahl. Weicher Stahl wird in harten übergeführt, wenn man glühenden Stahl plötzlich erkalten läßt. Je größer die Temperaturdifferenz ist und je schneller der Stahl erkaltet, desto größere Härte nimmt derselbe an. Das Härten des Stahls (tremper, *hardening*) geschieht meist auf die Weise, daß man ihn glühend in eine kalte Flüssigkeit taucht. Wird weißglühender Stahl in kaltes Quecksilber getaucht, so nimmt derselbe einen Härtegrad an, welcher dem des weißen Roheisens nahekommt. In der Regel geschieht das Härten in kaltem Wasser, und zwar in fließendem, wenn größere Gegenstände gehärtet werden sollen. Weiches Wasser härtet weniger als hartes, mineralische Bestandtheile enthaltendes, oder Salzwasser. Zum Härten von Patrizen für Graveure, Wagenfedern hat man Weingeist oder ein Gemisch von Kreide und Weingeist, zum Härten von Schneideinstrumenten und stählernen Wellengetrieben für Uhrmacher Talg oder Oel vorgeschlagen. Oele und Fette geben geringere Härtegrade als Wasser. Ein Stahlstück wird auch gehärtet, wenn es in glühendem Zustande an einem kalten Körper, z. B. zwischen den Backen eines Schraubstocks, oder durch schnelles Schwingen in der Luft abgekühlt wird. Stahl, welcher weißglühend in einer kalten Flüssigkeit abgelöscht wurde, heißt glashart, entweder weil er spröde ist wie Glas oder weil er Glas ritzt. Zu den meisten Zwecken verlangt man aber

einen minder harten und mehr elastischen Stahl, was durch die Operation des **Anlassens** (Nachlassen, Adouciren, Tempern, recuire, faire revenir, *tempering*) erreicht wird. Erhitzt man ein Stück blanken Stahles an der Luft, so sieht man, während er die verschiedenen Temperaturgrade bis zum Rothglühen durchläuft, auf seiner Oberfläche Farben (**Anlauffarben**, couleurs du recuit, *tempering colours*) erscheinen, von denen bei zunehmender Hitze die eine nach und nach in der anderen sich verliert, bis endlich die Farben in der Rothglühhitze vollständig verschwinden. Die verschiedenen Farben kommen bei genau bestimmten Temperaturen zum Vorschein, und zwar blaßgelb bei 220°, strohgelb bei 232°, goldgelb bei 243°, braun bei 254°, purpurfleckig bei 266°, purpurfarben bei 277°, hellblau bei 288°, dunkelblau bei 293°, schwarzblau bei 316°. Bei 360° verschwinden die Farben. Diese Anlauffarben haben in einer dünnen Oxydschicht, welche die Farben dünner Schichten zeigt, ihren Grund. Je stärker glasharter Stahl angelassen wird, d. h. je mehr man ihn erwärmt, desto weicher wird er. Man benutzt nun die Anlauffarben zur richtigen Beurtheilung der mehr oder weniger bedeutenden Härtegrade, welche den Stahlwaaren durch das Anlassen ertheilt werden muß. Da es mit Schwierigkeiten verknüpft ist, ein Stahlstück auf der Oberfläche überall gleichförmig zu erhitzen, so wendet man jetzt allgemein Metallbäder aus Zinn und Blei von bestimmtem Schmelzpunkte an, in welche man die glasharten Stahlstücke so lange taucht, bis sie die Temperatur des Bades angenommen haben. Folgende Zusammenstellung giebt die Zusammensetzung des Metallbades an, wie sie für das Anlassen verschiedener schneidender Stahlinstrumente durch die Praxis als zweckmäßig befunden worden ist:

Name des Instrumentes.	Metallbad.		Schmelzpunkt.	Anlauffarbe.
	Blei.	Zinn.		
Lanzetten	7	4	216°	Kaum blaßgelb
Rasirmesser	8	4	228°	Blaßgelb bis strohgelb
Federmesser	8½	4	232°	Strohgelb
Scheeren	14	4	254°	Braun
Aexte, Hobeleisen, Taschenmesser	19	4	265°	Purpurfleckig
Klingen, Uhrfedern und Federn anderer Art	48	4	288°	Hellblau
Dolche, Bohrer, feine Sägen	50	2	292°	Dunkelblau
Handsägen, Stichsägen	in siedendem Leinöl		322°	Schwarzblau.

Stahlstücke, welche eine der dunkelvioletten Anlauffarbe entsprechende Härte erhalten sollen, werden durch das **Abbrennen** (*blazing off*) angelassen, indem man sie mit Oel oder Talg bestrichen so lange über Kohlen erhitzt, bis die Fettsubstanz zu brennen beginnt. Bei vielen Werkzeugen wer-

den nur einzelne Theile nachgelassen oder auch nach Befinden ganz weich gemacht, so z. B. an Sägeblättern die zur Befestigung zu durchlöchernden Enden.

§. 28.

Durch Kohle wird der Stahl bei höherer Temperatur in Roheisen verwandelt. Schwefel und Phosphor bewirken, daß Stahl bei einer niedrigeren Temperatur schweißt, sind aber sonst schädlich. Silicium wirkt schon bei 0,05 Proc. nachtheilig (Karsten). Nach Schafhäutl ist eine gewisse Menge von Silicium (bis zu etwa 0,2 Proc.) zur Bildung von Stahl unumgänglich, indem er den Beweis liefert, daß siliciumfreies Kohleeisen von dem Kohlenstoffgehalte des Stahls durch Ablöschen in Wasser nicht gehärtet werden kann. Mangan wurde früher für ein Verbesserungsmittel des Stahles gehalten, welche Ansicht aber in neuerer Zeit dadurch widerlegt wurde, daß die Analyse der besten Stahlsorten kein Mangan ergab. Nickel und Chrom machen den Stahl zur Damascirung fähig. Silber erhöht die Härte des Stahles, Kupfer beeinträchtigt die Qualität. Aluminium soll dem geschätzten ostindischen Wootzstahl seine Güte ertheilen.

Man gewinnt den Stahl meist auf dreierlei Weise:

1) durch theilweise Entkohlung des Roheisens;
2) durch Kohlung (Cementation) des Schmiedeeisens;
3) durch Zusammenschmelzen von Roheisen mit Schmiedeeisen.

Den aus dem Roheisen dargestellten Stahl nennt man, wenn der Frischproceß angewendet wurde, Rohstahl, Schmelzstahl oder Mock (acier brut, acier de fonte, *natural steel, rough steel, furnace steel*), bei Anwendung des Puddlingsprocesses dagegen Puddlingsstahl. Der durch Cementation aus dem Schmiedeeisen erhaltene Stahl heißt Cementstahl oder Brennstahl (acier de cémentation, *steel of cementation*). Durch Umschmelzen beider Stahlsorten, namentlich des Cementstahles, so wie durch Zusammenschmelzen von Roheisen mit Schmiedeeisen erhält man den Gußstahl (acier fondu, *cast-steel*).

Guter Stahl ist dadurch charakterisirt, daß er

1) bei feinem gleichmäßigem Korne und gleichmäßiger Farbe durch Ablöschen aus der Dunkelrothglühhitze die größte und gleichmäßigste Härte annimmt und auf dem Bruche eine Rose erhält;

2) beim höchsten Anlaufgrade am wenigsten von seiner Härte verliert und sich, ohne Brüche oder Risse zu erhalten, schweißen läßt.

Durch Aetzen von angelassenem Stahl mit Salpetersäure oder Salzsäure läßt sich die Textur des Stahles bloslegen und dadurch seine Qualität ermitteln.

Unterschied zwischen Schmiedeeisen, Stahl und Roheisen.

§. 29.

Es ist kein Zweifel, daß die Verschiedenheit zwischen Schmiedeeisen, Stahl und Roheisen durch verschiedenen Gehalt an Kohlenstoff bedingt ist, daß, anders ausgedrückt, eine verschiedene Quantität Kohlenstoff das reine Eisen in Schmiedeeisen, Stahl und Roheisen verwandelt. Ist es wahr, daß der Gehalt an Kohlenstoff in einem Eisen ein genügendes Kriterium zur Aufstellung einer scharfen Grenze zwischen den drei technisch wichtigen Eisensorten abgiebt, so ist unter Vernachlässigung anderer Bestandtheile Eisen mit einem Kohlenstoffgehalte

	bis etwa	0,65	Proc.	Schmiedeeisen
von ungefähr	0,65	,, ,,	2,30	,,	Stahl
,, ,,	2,30	,, ,,	5,75	,,	Roheisen.

Ein Eisen, das 0,65 Proc. Kohlenstoff enthält, giebt nach dem Ablöschen im Wasser am Feuersteine Funken. Ein solches Eisen ist schon für Stahl anzusehen. Bei 1,4—1,5 Proc. Kohlenstoff zeigt der Stahl nach dem Härten einen großen Härtegrad und das Maximum der Festigkeit. Bei zunehmendem Kohlenstoff nimmt die Härte zu, die Festigkeit und Schweißbarkeit aber ab. Bei 1,75 Proc. Kohle ist er noch etwas schweißbar, aber in der Kälte noch dehnbar und scheidet noch keinen Kohlenstoff als Graphit aus. Undehnbarkeit in der Kälte und Graphitausscheidung treten erst bei 2,30 Proc. Kohlenstoffgehalt ein. Aus dem Kohlenstoffgehalte allein läßt sich aber keineswegs die Grenze zwischen Schmiedeeisen und Stahl, zwischen Stahl und Roheisen ziehen, weil die anderen Bestandtheile des Eisens (Silicium, Schwefel, Phosphor, Arsenik) von Einfluß auf die Eigenschaften des Eisens sind. Das Eisen wird so lange Schmiedeeisen zu nennen sein, als es die Eigenschaft besitzt, nach dem Ablöschen merklich an Härte zuzunehmen. Stahl wird jedes schmied- und schweißbare Eisen genannt, das nach dem Ablöschen in Wasser am Feuersteine Funken giebt. Roheisen ist das nicht mehr hämmerbare und schweißbare Eisen, welches undehnbar ist in der Kälte und geschmolzen und langsam abgekühlt Kohlenstoff als Graphit ausscheidet.

Eisenerze.

§. 30.

Mit dem Namen Eisenerze bezeichnet man diejenigen Mineralien oder Mineralgemenge, welche in dem Grade eisenhaltig und frei von schädlichen Bestandtheilen sind, daß daraus ein zu technischen Zwecken verwendbares Eisen mit Vortheil dargestellt werden kann. Die mineralogischen Species, welche diesen Anforderungen genügen, sind folgende:

1) **Magneteisenstein** (fer oxydulé, aimant, *magnetic iron-stone, magnetic iron-ore*), $Fe_2 O_3 + FeO = Fe_3 O_4$ mit 72,4 Proc. Eisen, gehört zu den wichtigsten Eisenerzen und ist besonders von großer Bedeutung für die Eisenproduction in Norwegen, Schweden und Rußland. Ist er frei von nachtheiligen Beimengungen, zu denen u. A. Schwefelkies, Apatit, Schwerspath gehören, so kann er das vorzüglichste Eisen liefern, wie es z. B. das aus dem reinen Magneteisenstein von Danemora in Schweden erzeugte Oeregrunds-Eisen zeigt. Sehr verschieden verhält sich der Magneteisenstein hinsichtlich seiner Leicht- und Strengflüssigkeit, der leichtern oder schwerern Reductionsfähigkeit. Es hat hierauf das Gefüge einen wesentlichen Einfluß. Vorzüglich wirken aber auch die begleitenden Mineralien und die Art, wie sie mit dem Magneteisen verbunden sind. Wird z. B. das Erz im dichten Zustande von Quarz begleitet, so gehört es zu den sehr strengflüssigen, wogegen eine Beimengung von Granat, Kalkspath, Hornblende so günstig auf den Schmelzproceß und die Schlackenbildung wirken kann, daß der Magneteisenstein ohne weiteren Zuschlag zugutegemacht werden kann.

2) **Eisenglanz** (fer oligiste, *iron-glance*), $Fe_2 O_3$ mit 69,99 Proc. Eisen, und der gleich zusammengesetzte **Rotheisenstein** (fer oxidé rouge, *red iron-ore*) liefern beide, wenn sie frei von nachtheiligen Beimengungen sind, ein für die Gießerei, wie für die Schmiedeeisengewinnung gleich gut geeignetes, gewöhnlich graues Roheisen. Dichtes Gefüge und Beimengungen von Quarz machen sie oft sehr strengflüssig, wogegen eine lockere Beschaffenheit, so wie das gleichzeitige Vorkommen mit leicht schmelzbaren Silicaten oder mit Kalkspath, Flußspath ihre Zugutemachung auch nicht selten erleichtern. Die thonigen, kalkigen und mergeligen Rotheisensteine geben ihrer Natur nach zwar einen geringern Ertrag, lassen sich aber gewöhnlich leicht verschmelzen. Zu den nachtheiligen Beimengungen gehören Schwefelkies, Schwerspath und Apatit. Eine der bedeutendsten Eisenglanzlagerstätten ist die auf der Insel Elba. Der Rotheisenstein ist eines der am häufigsten zur Eisengewinnung benutzten Erze; der bei weitem größte Theil des Eisens, das in Sachsen, auf dem Harz, in Nassau u. s. w. ausgebracht wird, rührt von dem Rotheisenstein her.

3) Der **Spatheisenstein** oder **Eisenspath** (kohlensaures Eisenoxydul, Stahlstein, Weißerz, Pflinz, Knopprüssel, fer carbonaté, fer spathique, mine de fer blanche, mine d'acier, *spatic iron*, *sparry iron-ore*) kommt theils in mit dem Kalkspath isomorphen Rhomboëdern, theils kuglig und nierenförmig als **Sphärosiderit** vor und ist der Hauptbestandtheil der metallführenden Gebirgsformation. Seine Formel ist FeO, CO_2, sein Eisengehalt 48,3 Proc.; er enthält jedoch gewöhnlich einige Procente kohlensaures

Manganoxydul, nicht selten auch kohlensauren Kalk und kohlensaure Magnesia. Durch Verwitterung, wodurch er in **Brauneerz** übergeht, wird er zur Zugutemachung tauglicher. Besondere Fundorte des Spatheisensteins sind der Harz, die Gegend von Siegen, der Stahlberg bei Müsen in Westphalen, Nassau, der Stahlberg bei Schmalkalden, der Erzberg bei Eisenerz in Steyermark rc. Der **thonige Sphärosiderit** (fer carbonaté lithoïde, fer carb. des houillères, *clay iron-ore*) ist ein inniges Gemenge von Spatheisenstein mit Thonmineralien. Er findet sich besonders reichlich in der Steinkohlenformation Englands, namentlich in den Kohlenfeldern von Staffordshire und South-Wales; er wird im Allgemeinen *black-band* genannt, die runden, mehr kugelförmigen Nieren, welche gewöhnlich zugleich die reichsten sind, werden *gubbin*, die platten und gewöhnlich eisenärmeren *blue-flat* genannt. Für die Eisengewinnung ist dieses Eisenerz von sehr großer Bedeutung. Da es besonders oft in Begleitung von Steinkohlen vorkommt, so kann es häufig mit diesen gemeinschaftlich gewonnen werden. Hierdurch wird die Eisenproduction Großbritanniens, wo bei weitem der größte Theil des Eisens aus thonigem Sphärosiderit erfolgt, so außerordentlich begünstigt. Wenngleich dieses Erz einen sehr schwankenden und nie hohen Eisengehalt zeigt, so pflegt doch seine Zusammensetzung der Verschmelzung günstig zu sein und nur selten etwas zu enthalten, was auf das darzustellende Eisen nachtheilig einwirkt.

§. 31.

Aus dem Spatheisenstein, so wie aus kiesigen Eisenerzen (Schwefel- und Strahlkies, Magnetkies) entsteht durch die Einwirkung von Luft und von kohlensäurehaltigem Wasser als secundäres Product

4) der **Brauneisenstein** (fer oxidé brun, hématite brune, *brown iron-ore*), Eisenoxydhydrat, welches als **Nadeleisenerz** $Fe_2\,O_3$, HO und als **Brauneisenerz**, 2 $Fe_2\,O_3$, 3 HO vorkommt. Sehr häufig ist der Brauneisenstein mit Thon gemengt und bildet so die Varietäten brauner Thoneisenstein und das **Bohnerz** (mine de fer en grains), kuglige Körner meist mit concentrisch schaliger Absonderung. Mit dem Namen

5) **Gelbeisenstein** bezeichnet man alle Eisenoxydhydraterze von ocker- bis braungelber Farbe, sie sind meist Gemenge und enthalten mehr Wasser als das Brauneisenerz.

6) Der **Raseneisenstein** (Sumpf-, Morast-, See-, Wiesenerz, Ortstein, Ochr, Limonit, fer oxidé brun limoné, mine de marais, *bog iron-ore, shwamp-ore*) ist ein Erzeugniß neueren Ursprungs und bildet sich noch immer fort. Er findet sich im Norden Deutschlands, in Holland, Dänemark, Schweden u. s. w. vorzüglich in Sand- und Heidegegenden, in Sümpfen

und Torfmooren, weniger in Seen. Er entsteht aus Wasser, welches kohlensaures Eisenoxydul gelöst enthält, auf Vegetabilien; er kommt in knolligen und schlammähnlichen Massen brauner oder schwarzer Farbe vor und besteht aus Eisenoxydhydrat, Manganoxyd, Phosphorsäure, organischen Bestandtheilen (Humussäure, Quellsatzsäure) und Sand. Er gehört zu den sehr leicht flüssigen und leicht reducirbaren Eisenerzen. Das daraus gewonnene Roheisen wird theils zum Guß benutzt, wozu es sich wegen seiner Dünnflüssigkeit und weil es die Formen gut ausfüllt, besonders eignet, theils aber auch in Schmiedeeisen verwandelt, welches jedoch in Folge des Phosphorgehaltes kaltbrüchig wird.

§. 32.

Die Schmelzwürdigkeit der Eisenerze hängt ab von ihrem Eisengehalte, der in der Regel nicht unter 15 Proc. betragen soll, und von der Art und Weise, wie das Eisen in dem Eisenerz vorkommt. Ein lockeres Eisenerz wird, indem es dem Kohlenoxyd einzudringen gestattet, bei selbst niedrigerem Eisengehalte stets schmelzwürdiger sein als ein dichtes Eisenerz. Betreffs der Reducirbarkeit theilt man die Eisenerze ein in leicht und schwer reducirbare. Zu den ersteren gehören Eisenspath und Brauneisenstein und überhaupt diejenigen Eisenerze, welche bei der vorbereitenden Röstung eine poröse Beschaffenheit annehmen, die es den reducirenden Gasen ermöglicht, schnell zu schmelzen und zu reduciren. Schwer reducirbare Eisenerze sind: Magneteisenstein, Eisenglanz und Rotheisenstein. In Bezug auf die Schmelzbarkeit kommen aber auch die fremden Beimengungen der Qualität und Quantität nach in Betracht. Zu den Verbindungen, welche einen schädlichen Einfluß auf das auszubringende Eisen ausüben, gehören schwefelhaltige Verbindungen (Schwefelkies, Zinkblende, Bleiglanz, Kupferkies, Schwerspath), phosphorhaltige (Apatit und phosphorsaures Eisenoxyd), arsenhaltige (Arsenikkies, arseniksaures Eisenoxyd) und titanhaltige, insofern letztere die Beschickung strengflüssig machen. Vortheilhaft dagegen wirken Mangan und seines Mangangehaltes wegen der Braunspath.

Darstellung des Roheisens.

§. 33.

Die Aufbereitung der Eisenerze ist sehr einfach und zwar aus dem Grunde, weil Erze, welche eine complicirte Aufbereitung bedürfen, wegen des niedrigen Preises des Eisens nicht benutzt werden können. Die Aufbereitung besteht einfach in der Handscheidung und Klaubarkeit. Die Zerkleinerung geschieht theils durch Pochen, theils durch Quetschen und Walzwerke (machine à broyer, *crushing machine*), sie wird erleichtert, wenn die Erze

zuvor durch die vorbereitenden Arbeiten der Verwitterung und Röstung mürbe gemacht wurden. Der Einfluß der Verwitterung besteht 1) in einer theilweisen Entfernung des Schwefelgehaltes, indem die den Erzen beigemengten Schwefelmetalle, wie Schwefelkies, Kupferkies u. a., zu schwefelsauren Salzen oxydirt und diese dann, ebenso wie vielleicht vorhandener Gyps durch den Regen ausgewaschen werden; 2) in einer Auflockerung, d. h. Vermehrung der Porosität der Erze; diese letztere kann vor sich gehen, wie bei dem Spatheisenstein und Sphärosiderit, durch höhere Oxydation, wodurch sie einer mechanischen Veränderung in der Gruppirung ihrer Moleküle unterliegen, oder auch einfach auf mechanischem Wege, indem Feuchtigkeit eindringt und dieselbe im Winter gefriert. Zur Einleitung des Verwitterungsprocesses werden die Erze an einem Haufen aufgestürzt, welcher der Witterung möglichst ausgesetzt ist; doch wird kein Eisenerz, selbst unter den günstigsten nahe liegenden Verhältnissen, in kürzerer Zeit als in zwei Jahren hinreichend verändert. Das Rösten der Eisenerze besteht in einem Erhitzen bei Luftzutritt, wodurch man dasselbe, wie durch das Verwittern, aber schneller und vollständiger erreicht. Außer daß die Porosität der Erze durch das Rösten vermehrt wird, werden auch dadurch theils durch die Wirkung der Wärme, theils auch durch Oxydation gewisse nachtheilige Bestandtheile entfernt, so z. B. das Wasser, die Kohlensäure und kohlige Theile aus Spath- und Brauneisensteinen, indem bei dem großen Drucke der Erzschichten im Ofenschachte das Entweichen dieser Bestandtheile erschwert ist, weshalb die Erze länger unverändert bleiben würden. Es wird ferner durch das Rösten der Schwefel und das Arsenik abgeschieden. Eine mittlere Rothglühhitze ist die geeignetste Temperatur zum Rösten. Eine zu hohe Temperatur würde Zusammensinterung der Erze bewirken und der Hauptzweck der Röstung, Auflockerung, verfehlt werden. Das Rösten geschieht entweder im Freien in Haufen (en tas), oder zwischen Mauern in sogenannten Röststadeln, oder endlich in Oefen, Röstöfen.

§. 34.

Nur wenige Eisenerze können für sich verschmolzen werden, fast in allen Fällen bedürfen dieselben, damit das Eisen möglichst vollständig ausgeschieden werde, einer Gattirung und Beschickung. Man mengt ärmere und reichere Eisensteine, so daß ein Durchschnittsgehalt resultirt, der sich für das Eisenausbringen am vortheilhaftesten herausgestellt hat. Der durchschnittliche Eisengehalt der gattirten Eisenerze schwankt in der Regel zwischen 30 und 50 Proc. Mit der Beschickung sucht man den Erdengehalt durch Zusatz passender Zuschläge zur Schlackenbildung zu disponiren. Bei der Beschickung ist den stöchiometrischen Verhältnissen Rechnung zu tragen und der Isomor-

phismus nicht unberücksichtigt zu lassen. Die Zusammensetzung der Beschickung ist im Allgemeinen so zu wählen, daß der Schmelzpunkt der Schlacke auf alle Fälle weit über dem Schmelzpunkt des Roheisens liegt, um die Bildung einer eisenoxydulreichen Schlacke zu verhindern. Die Schmelzung der Schlacke soll nicht eher erfolgen, als die Reduction und Kohlung des Eisens beendigt ist. Bei der Wahl eines Silicates ist auch die Beschaffenheit des Brennstoffes von Einfluß. Die Erfahrung hat gelehrt, daß bei Holzkohlenbetrieb die günstigste Verbindung $Al_2\,O_3$, $SiO_3 + 3\,CaO$, $2\,SiO_3$ zu sein pflegt. Bei Anwendung von mineralischen Brennstoffen, welche in der Regel Schwefel als Schwefelkies und Gyps enthalten, muß behufs der Entfernung des Schwefels der Kalkgehalt größer sein; es empfiehlt sich hierzu die Verbindung $Al_2\,O_3$, $SiO_3 + SiO_3$, $3\,CaO$.

§. 35.

Das Verschmelzen der Erze geschieht in dem **Blauofen** (Blaseofen, Blaaofen, Bauernofen, Floßofen, fourneau à fonte, *flowing furnace*) oder in dem **Hohofen** (Hochofen, haut fourneau, *high furnace*, *blast furnace*), wegen seiner bedeutenden Höhe von 45—62 Fuß so genannt.

Der **Blauofen** unterscheidet sich hauptsächlich dadurch von dem Hohofen, daß derselbe, wie der technische Ausdruck lautet, keine **offene**, sondern eine **geschlossene Brust** besitzt. Alle Gebläseschachtöfen, die an dem vorderen Theil des Herdes eine Oeffnung besitzen, durch welche ein Theil der Flamme einen Ausweg findet, nennt man Schachtöfen mit offener Brust, und solche, bei denen dies nicht der Fall ist, Schachtöfen mit geschlossener Brust. Der Blauofen unterscheidet sich ferner dadurch wesentlich von einem Hohofen, daß er kein Gestell besitzt und die Rast sich unmittelbar in den Herd verläuft, aus welchem Roheisen und auch die Schlacken durch eine Abstichöffnung abgelassen werden. Die Blauöfen gewähren bedeutendes Brennmaterialersparniß, sind aber nur dort anzuwenden, wo in Folge der geeigneten Beschickung eine leichtflüssige Schlacke sich bildet, da sie ein Ausräumen des Herdes, Abziehen zäher Schlacken, wie es bei den Hohöfen der Fall sein kann, nicht gestatten. Sie haben eine Höhe von etwa 40 Fuß, werden mit Holzkohlen betrieben und sind nur noch in einigen Gegenden, wie z. B. in Steyermark, Thüringen, gebräuchlich, wo man denselben zur Gewinnung von weißem, zur Schmiedeeisen- und Stahlfabrikation sich eignenden Eisen den Vorzug giebt.

Der **Hohofen** (Fig. 1) ist ein mit starkem Mauerwerk (**Rauhmauer**, manteau, *mantle*) umgebener Schachtofen, dessen innerer Theil, der **Kernschacht**, **Schachtfutter** oder die Seele (cuve, cheminée, *fire-room*),

die Gestalt zweier mit den Grundflächen aneinander gefügter, abgestutzter Kegel hat. Der Theil a heißt der Schacht, b die Rast (étalages, *boshes*). Die Gegend, wo der Kernschacht den größten Durchmesser hat, wird der Kohlensack oder Bauch (ventre) genannt. Unterhalb der Rast zieht sich der Raum zu dem Gestell c (ouvrage, *hearth*) zuzusammen, dessen unterer Theil (Eisenkasten, creusel) das geschmolzene Roheisen aufnimmt. Die obere Oeffnung des Schachtes heißt Gicht (gueulard, *mouth*), durch welche Erze, Brennmaterial und Zuschläge aufgegeben werden; man gelangt zur Gicht entweder, indem der Ofen an einem Anhange gebaut ist, durch eine Oeffnung in den Gichtmantel, oder es werden die Beschickungen und das Brennmaterial auf ein Gebäude geschafft, von dem aus man zur Gicht mittelst der Gichtbrücke gelangen kann. Der untere Theil des Gestelles hängt mit einem außerhalb des Schachtes befindlichen Raume, dem Vorderherd (avant-creuset), zusammen, so daß auch in diesem das niedergeschmolzene Roheisen sich verbreiten kann. Vorn und außen wird der Vorherd durch einen Stein, Wallstein, Dammstein (dame, *dam*) oder durch ein mit Thon bekleidetes Gußeisenstück geschlossen, in welchem sich ein Spalt (Stichloch, Stich, Abstichsöffnung, trou de coulée, oeil, *tap hole*, *tapping hole*) befindet, welche während des Schmelzens verstopft ist, darauf aber zum Ablassen des geschmolzenen Eisens dient. In dem Gestell befinden sich, einander gegenüber liegend, zwei, mitunter auch drei Oeffnungen mit eingesetzten, halbcylindrischen Röhren h (Formen, tuyères, *twyers*) (Fig. 2), in welche die Mundstücke der Windleitungsröhren (die Düsen, Deusen, Deupen, buses, *nose pipes*),

Fig. 1.

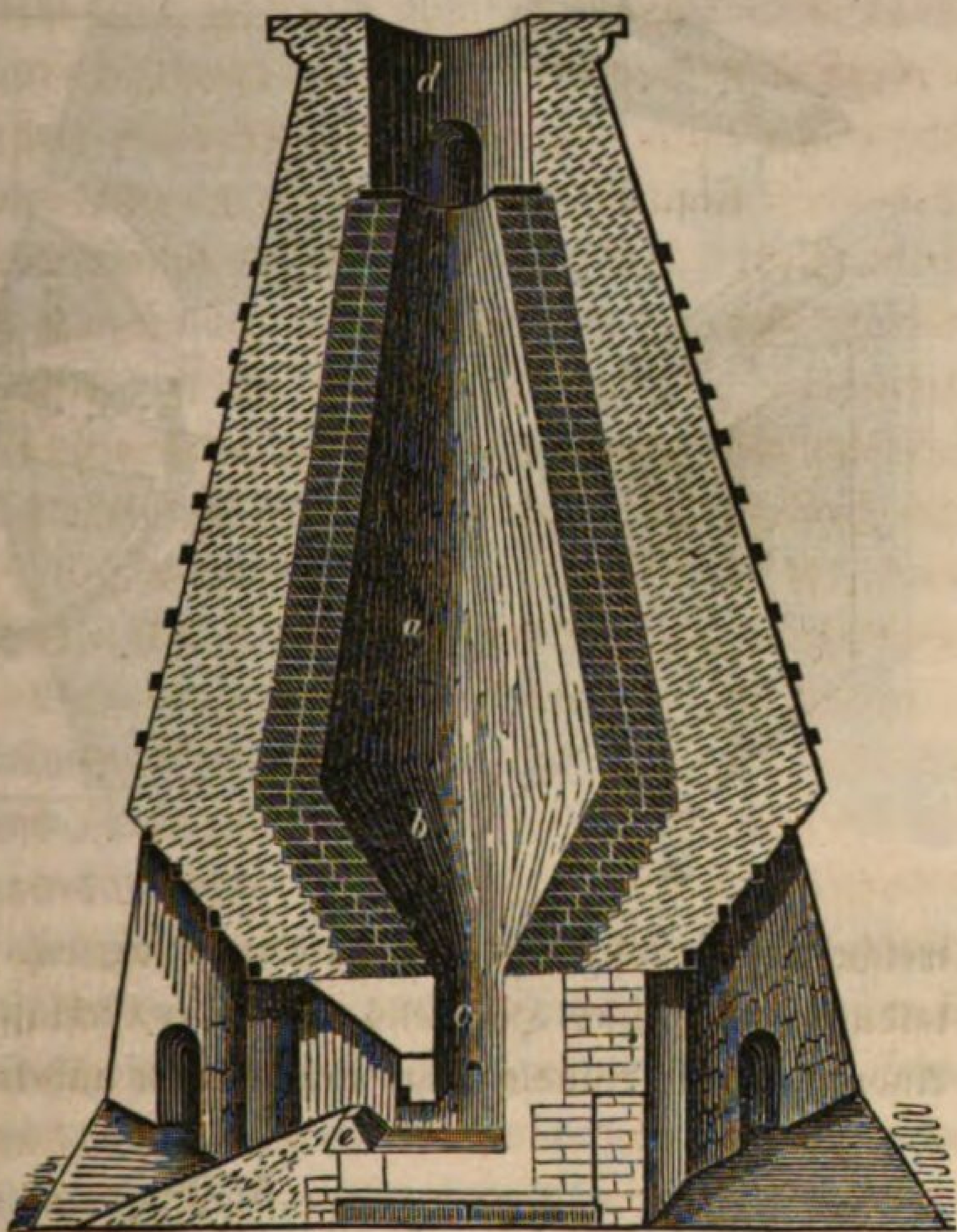


Fig. 2.

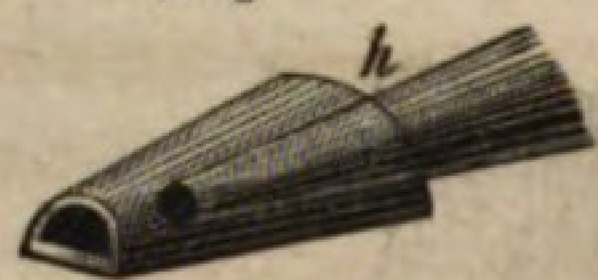
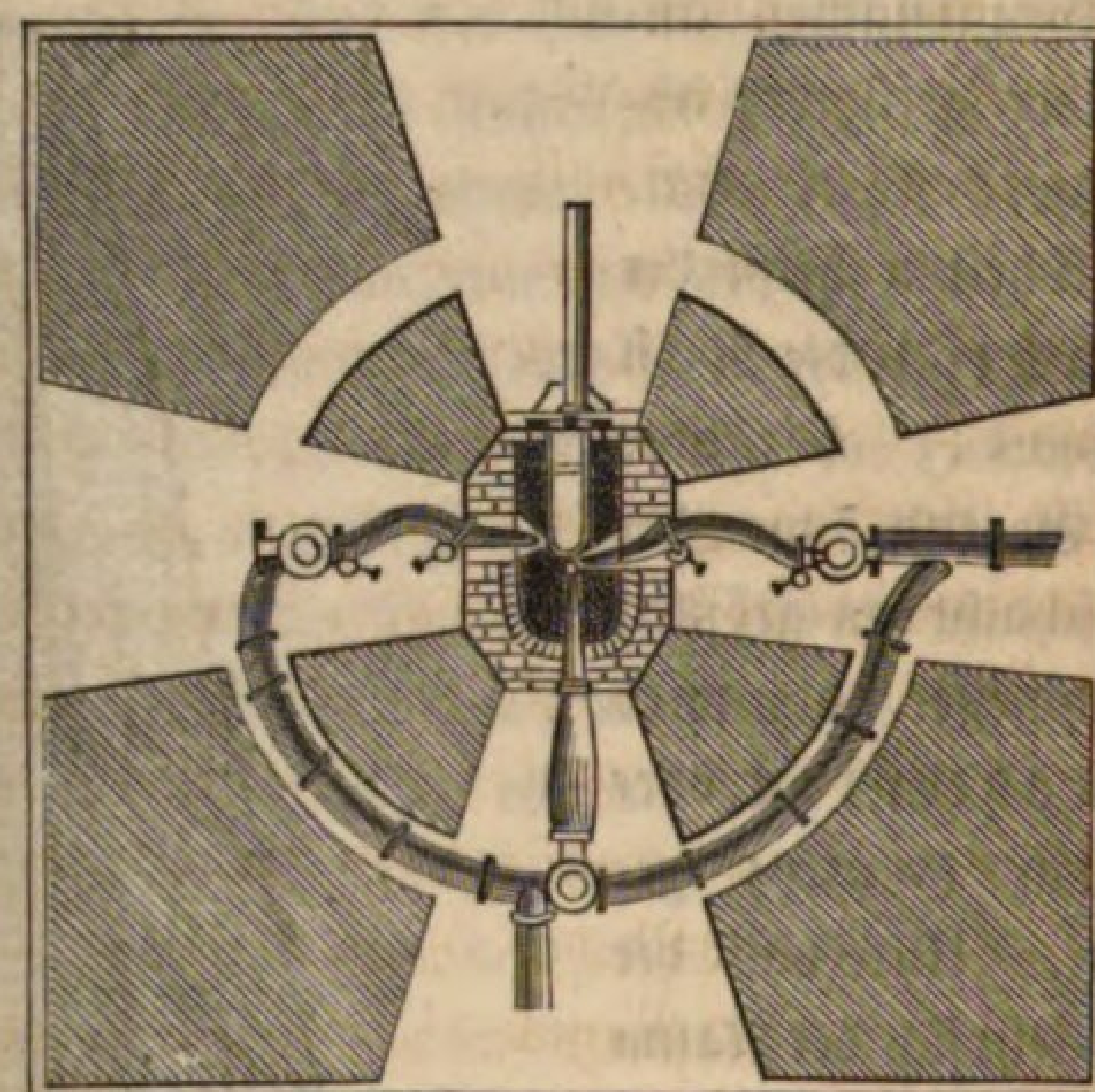


Fig. 4.



Fig. 3.



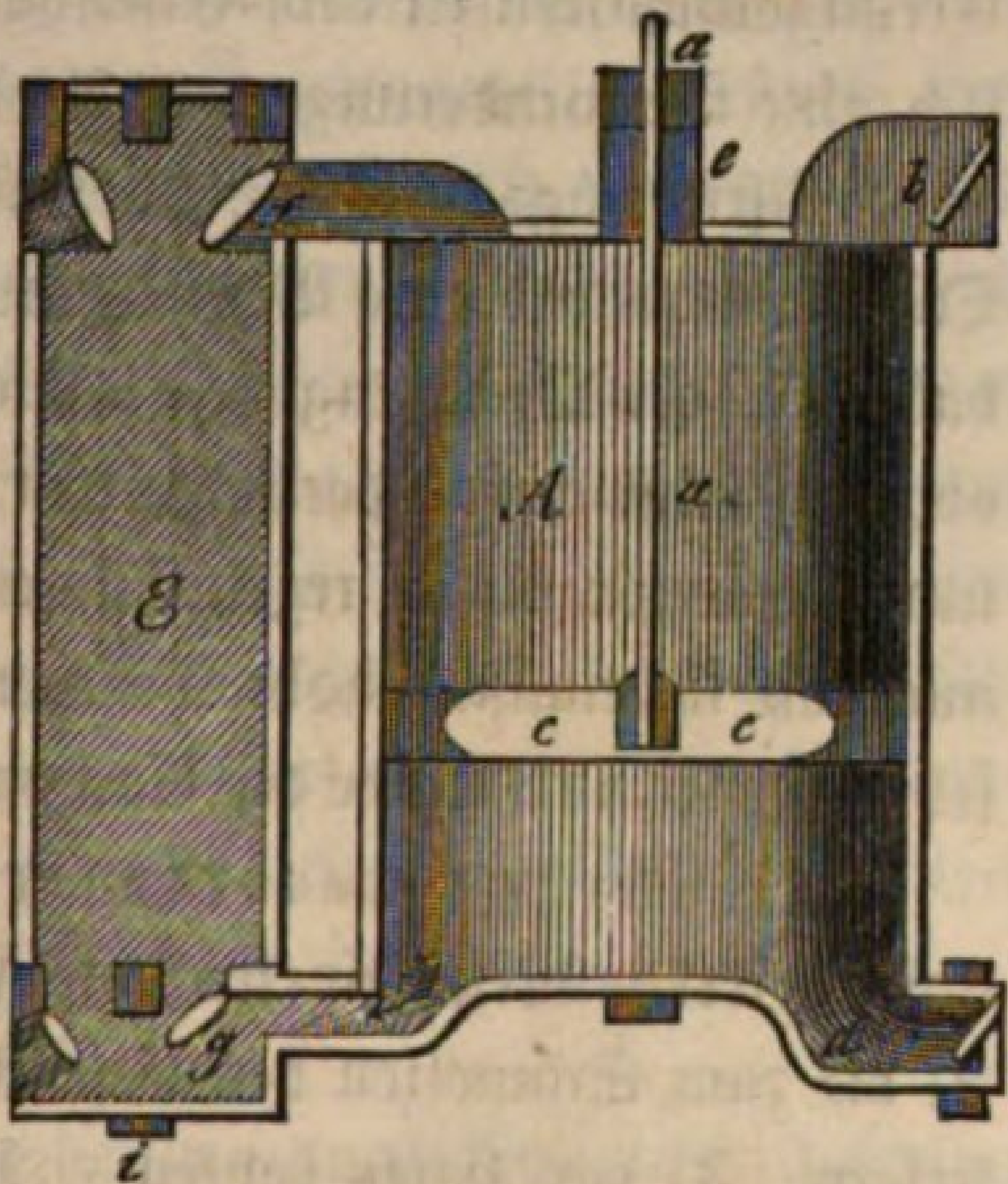
welche den Hohofen mit Luft versehen, eintreten. Fig. 3 zeigt den Horizontaldurchschnitt eines Hohofens mit kalter Gebläseluft; die Formen zeigen die Anordnung der Windleitung, welche keiner näheren Beschreibung bedarf.

§. 36.

Die zum Betriebe der Hohöfen dienenden Gebläse (machines soufflantes, *blowing engines*), waren früher Kastengebläse, prismatische, gewöhnlich hölzerne Kasten a (Fig. 4), in welchen sich eine hölzerne Wand, der Kolben b auf und nieder bewegt, und entweder beim Aufgange oder beim Niedergange, oder bei beiden die Luft auspreßt. In den beiden ersten Fällen hat der Kolben, dessen luftdichter Anschluß an die innere Wandfläche des Kastens durch mit Leinwand- oder Lederwülsten belegte Leisten erzielt wird, welche vom Umfange des Kolbens aus durch Federn an die glatten ebenen Kastenwände gedrückt werden, zwei symmetrische Ventile d d zum Einlassen, und der Kasten, welcher blos an einer Grundfläche verschlossen ist, ein Ventil zum Auslassen der Luft. Es befinden sich dann, um einen beständigen Luftstrom zu erhalten, mehrere Kasten neben einander, deren Kolben durch eine gemeinschaftliche Welle bewegt werden. Im letzteren Falle ist der Kasten auf beiden Grundflächen verschlossen und hat in jeder dieser Flächen ein oder mehrere Ventile zum Einlassen und ein Ventil zum Auslassen der Luft, welche von beiden Auslaßventilen in einen gemeinschaftlichen Windkasten oder in einen Regulator geführt wird. Um den nicht unbeträchtlichen Windverlust bei den hölzernen Kastengebläsen zu vermeiden, hat man jetzt ziemlich allgemein die

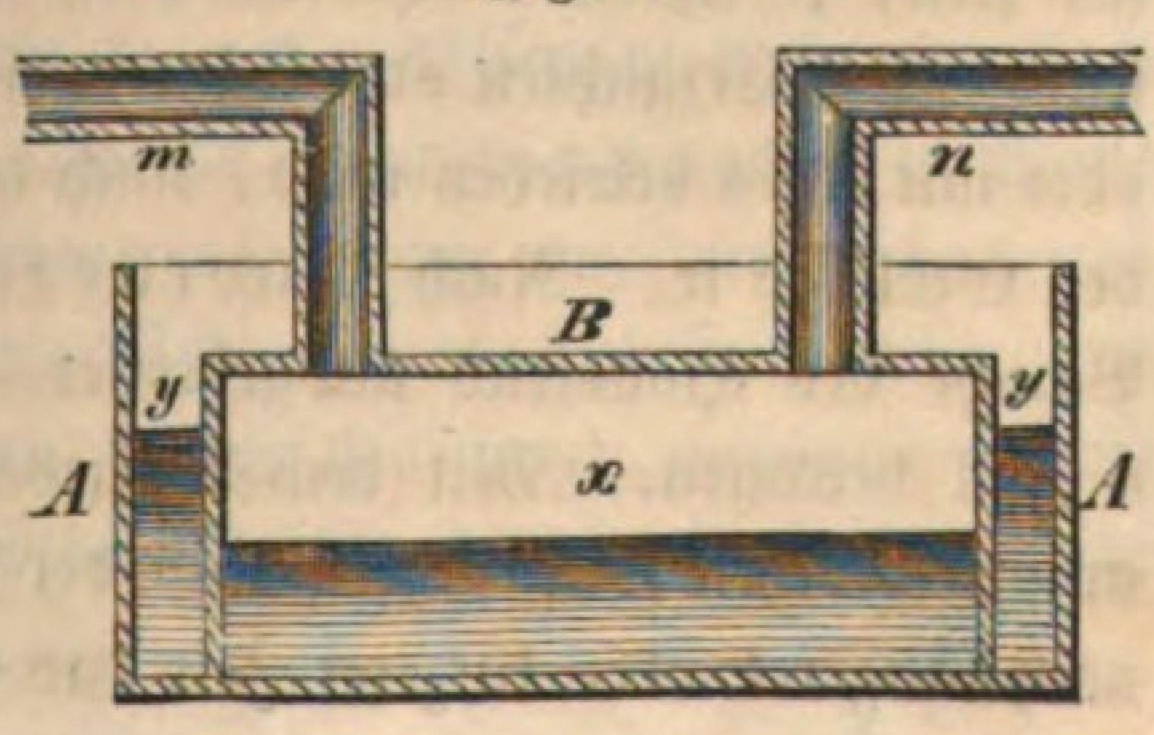
doppelt wirkenden eisernen Cylindergebläse (soufflets cylindriques) eingeführt, von welchem mit dem dazu gehörigen Windsammlungskasten Fig. 5 den Vertikaldurchschnitt zeigt. In dem gußeisernen Cylinder A, in welchem der Kolben c c luftdicht auf- und abbewegt werden kann, geht die Kolbenstange a luftdicht durch die Stopfbüchse e; b und d sind Einsaugungsventile, f und g Ausströmungsventile. Alle diese Ventile sind in besonderen kleinen Kästen, Ventilkästen, angebracht. Die Wirkungsart des Gebläses bedarf kaum einer Auseinandersetzung. Beim Aufwärtsgehen des Kolbens strömt, indem f sich schließt und d sich öffnet, Luft in den Theil des Cylinders unterhalb des Kolbens, während zu gleicher Zeit, indem g sich öffnet und b sich schließt, Luft aus dem oberen Theile des Cylinders in den Windsammlungskasten E gepreßt wird. Beim Abwärtsgehen des Kolbens findet das Entgegengesetzte statt. — Anstatt der stehenden Cylinder wendet man auch zuweilen liegende an, wodurch eine Ersparniß an Zwischengeschirr stattfindet und die Gebäude nicht jene Höhe und Festigkeit bedürfen, welche stehende Maschinen brauchen.

Fig. 5.



Als Windregulatoren wendet man häufig solche mit unveränderlichem Volumen an; sie bestehen einfach in großen Blechbehältern, deren kubischer Inhalt den des Gebläsecylinders um wenigstens das Zwanzigfache übertrifft, und durch welchen die aus dem Gebläse kommende Luft strömen muß, um zur Düse zu gelangen. Das Princip dieses Regulators ist einfach folgendes: man will die Unregelmäßigkeit der einströmenden Luftmenge durch eine große abgesperrte Luftmasse compensiren, aus welcher allein der Luftstrom abfließen kann. Die Wasserregulatoren, nach dem Princip der Gasometer der Leuchtgasfabriken (Fig. 6), üben eine nachtheilige Einwirkung auf den Ofengang insofern aus, als sie die Luft feucht machen. Was die Pressung des Windes und die Menge desselben betrifft, so hat die Erfahrung gelehrt, daß durch eine geringere Menge stark gepreßten Windes in einem Hohofen dieselbe

Fig. 6.



Temperatur erzeugt werden kann, wie durch eine größere Menge schwächer gepreßten Windes.

Die Anwendung von erhitzter Gebläseluft ist eine der größten Errungenschaften in dem Eisenhüttenwesen; die erhitzte Luft veranlaßt nämlich eine Verminderung des Aufwandes an Brennmaterial (die Brennstofferſparniß beträgt $1/3$—$2/5$, im Durchschnitt also 0,366 des früher verbrauchten Quantums) und eine Vermehrung der absoluten Production um 50 Proc.; dabei ist der Ofengang regelmäßiger und die Arbeit im Herde weit leichter, obgleich man auf anderen Hütten das Entgegengesetzte behauptet, indem nicht nur Strömungen im regelmäßigen Gange des Hohofens stattfanden, sondern auch die übermäßig hohe Temperatur im Gestell die feuerfestesten Steine zu sehr angriff und daher die Campagnen bedeutend abkürzte.

Die Brennmaterialien sollen bei der Ausbringung des Eisens auf dreierlei Weise wirken, sie sollen 1) die oxydirten Eisenerze reduciren, 2) die zum Schmelzen des Eisens und der Zuschläge erforderliche Temperatur liefern, 3) das Eisen kohlen. Man benutzt als Brennmaterial Holzkohlen, Koks, Steinkohlen, auch wol Holz, Braunkohlen und Torf. Bis zur Mitte des verwichenen Jahrhunderts bediente man sich zur Roheisengewinnung fast ausschließlich der Holzkohle, gegenwärtig hat die Anwendung der Kokes so überhand genommen, daß bei weitem mehr Roheisen durch Kokes als durch Holzkohle erzeugt wird.

§. 37.

Soll eine Schmelzcampagne beginnen, so wird der Hohofen langsam und vorsichtig angewärmt, indem man in dem Gestell Feuer anzündet, den Schacht durch die Gicht mit Kohlen füllt und das Gebläse in Thätigkeit setzt. Jetzt beginnt man damit, kleine Mengen der Beschickung aufzugeben, vergrößert allmälig deren Quantität, bis endlich der regelmäßige Gang erreicht ist. Darauf wird in dem Grade, als durch Schmelzung und Verbrennung im unteren Theile des Ofens die oberen Schichten der Kohlen und Erze herabsinken, Kohlen und Beschickung portionenweise in Gichten aufgegeben, deren Größe sich nach der Weite des Ofens richtet. Die Brennstoffgicht muß um so größer sein, je schwerer schmelzbar die Erze und je weiter die Oefen im Bauche sind. Die Erzgichten oder Sätze variiren je nachdem der Ofen mit Holzkohle oder mit Kokes betrieben wird, nach der Höhe des Ofens, nach der Wirkung des Gebläses rc. Nach Mayrhofer soll die Höhe der Holzkohlengicht im Bauche des Hohofens ausgebreitet $3\frac{1}{2}$—5 Zoll, bei Koksöfen höchstens 4 Zoll betragen. Mit dem Aufgeben wird in angemessenen Zeitabschnitten ununterbrochen fortgefahren und der Ofen so lange in Betrieb gehalten, bis nach längerer oder kürzerer Zeit das Gestell sich dermaßen erweitert hat, daß

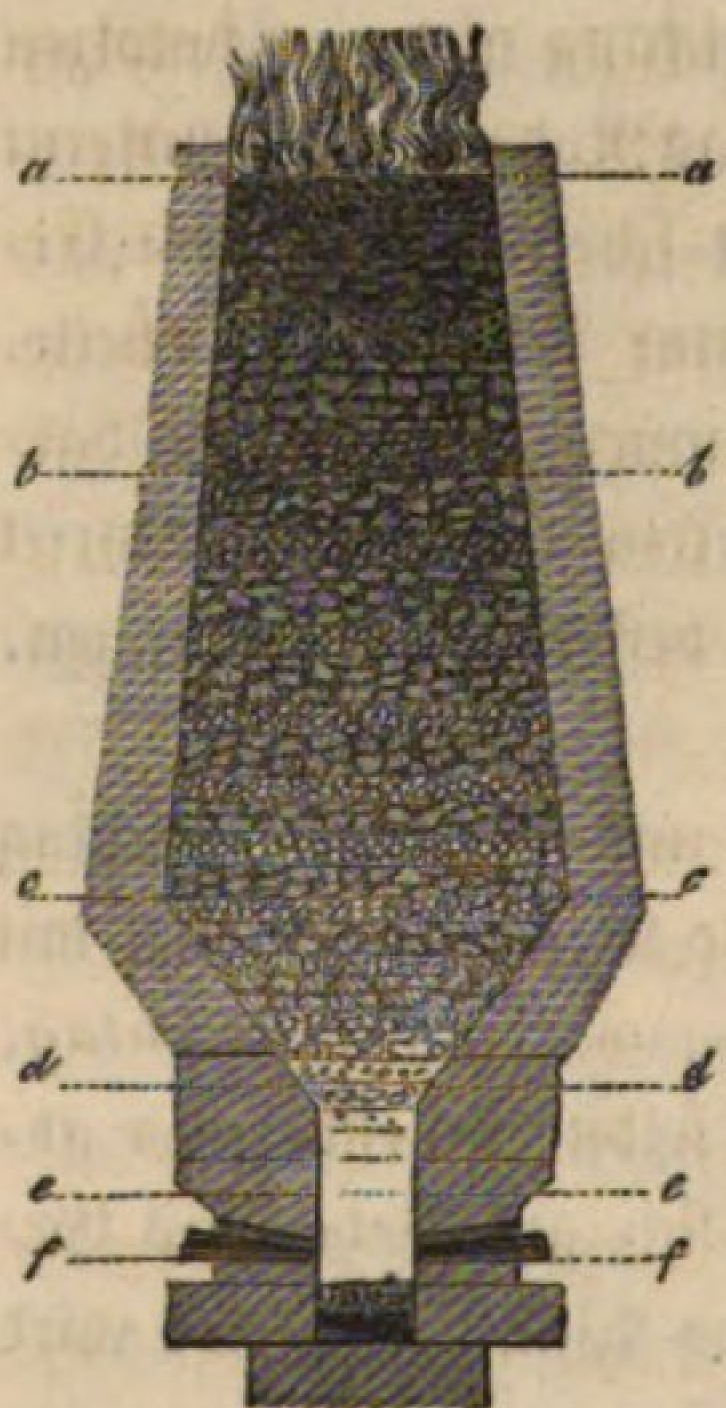
darin nicht mehr die zur Erzeugung von grauem Roheisen erforderliche hohe Temperatur erzeugt wird. Eine solche Schmelzcampagne (Hüttenreise) dauert je nach dem Verlaufe des Betriebes verschieden lange. Koksöfen gehen in der Regel 18 Monate bis $2^1/_2$ Jahre, man hat jedoch in England Beispiele von 10—15, ja selbst von 20jährigen Campagnen. Behufs des Ausblasens des Hohofens werden die Erzgichten allmälig vermindert und zuletzt nur noch Brennstoff und leichtflüssige Substanzen, z. B. Hohofen- und Eisenfrischschlacken, aufgegeben. Nachdem die Beschickung niedergeschmolzen ist, setzt man das Gebläse außer Wirksamkeit, sticht das Roheisen ab, entfernt den Wallstein und die Schlacken- und Kohletheile und schreitet nach dem Erkalten des Ofens zum Ausbrechen der der Reparatur bedürftigen Theile. Beim Abbrechen am Bodensteine findet sich eine zusammengesinterte, halbgefrischte Masse, die Eisensau, in welcher nicht selten kupferrothe Würfel aus Titan, Stickstoff und Cyan ($TiCy + 3 Ti_3 N$) bestehend, vorkommen.

In dem Verhältniß, als die Kohlen verbrennen und Erze und Zuschlag schmelzen, sinken die Schichten allmälig nieder. Die Kieselerde schmilzt mit den vorhandenen Erden und Oxyden zu Schlacke (scorie, laitiers, *shlag, cinders*) zusammen, welche über dem Wallstein von selbst abfließt, oder abgezogen wird. Das geschmolzene Roheisen sammelt sich am Boden des Gestelles an und erreicht nach und nach fast die Höhe des Wallsteins. Es wird alle 12—24 Stunden abgestochen (Abstich, coulée, *tapping, running off*). Man öffnet zu diesem Zwecke die Abstichöffnung durch Hindurchstoßen einer eisernen Stange und leitet das abfließende Roheisen durch einen schon vorher im Sande vor dem Ofen gemachten Ablaßgraben nach den Formen. Zum Behufe des Frischens oder des Kupoloofenbetriebes erhält das Roheisen die Gestalt von Mulden, Flossen (saumons, *pigs*), Barren, Gänzen (gueuses) oder Platten (Blatteln, blettes). Bei der Herstellung von Gänzen läßt man das Eisen in lange, in dem Herdsand befindliche Furchen fließen, streut in Entfernungen von 6—8 Fuß auf das erstarrte, aber noch weißglühende Metall kalten Sand auf, wodurch es an diesen Stellen in Folge raschen Erkaltens spröde wird und vermittelst eines schweren Hammers zerschlagen werden kann. Zuweilen läßt man das Eisen auch in eine flache Vertiefung des Hüttenraumes fließen, schreckt es durch aufgegossenes Wasser ab und zerschlägt es endlich mit Hilfe schwerer Hämmer oder durch eine herabfallende schwere Kugel. Das von den Schlacken umschlossene Eisen wird durch Pochen derselben und Waschen (Wascheisen) gewonnen. Ein Hohofen liefert nach Umständen 5000—60,000 Kilogr. Roheisen in der Woche.

§. 38.

Der beim Niederschmelzen der Beschickung im Hohofen vor sich gehende chemische Proceß ist in den verschiedenen Zonen des Hohofens ein sehr verschiedener. Beifolgende Fig. 7 zeigt den vertikalen Durchschnitt des Inneren eines mit Beschickung und Brennmaterial gefüllten Hohofens. Die schmaleren Schichten bedeuten die Beschickung, die breiteren das Brennmaterial. Von der Oberfläche der flüssigen Schlacke f, f an bis zum Gichtniveau läßt sich nach Th. Scheerer das Innere in fünf Regionen oder Zonen eintheilen:

Fig. 7.



1) in die Vorwärmzone a b,
2) in die Reductionszone b c,
3) in die Kohlungszone c d,
4) in die Schmelzzone d e,
5) in die Oxydations- oder Verbrennungszone e f.

In dem oberen Theile des Schachtraumes, der Vorwärmzone, werden Beschickung und Brennmaterial vorgewärmt und vollständig ausgetrocknet. Innerhalb dieser Zone gelangt das Erz kaum zum schwachen Glühen. Die Reductionszone hat die beträchtlichste Ausdehnung; im unteren Theile des Schachtes, besonders in der Gegend des Kohlensackes, wird das Eisenoxyd durch Einwirkung der reducirenden Gase zuerst zu Eisenoxydul-Oxyd und endlich zu metallischem Eisen reducirt. Die in dieser Zone vorhandenen reducirenden Agentien sind: Kohlenoxydgas, Kohlenwasserstoffgas, Cyanwasserstoffgas oder Cyankaliumdämpfe. An einer Stelle dieser Zone ist das Eisen als hämmerbares Eisen vorhanden. Noch tiefer im Ofen, in der Kohlungszone, findet die Kohlung des Eisens (aber ohne Schmelzung) entweder durch unmittelbare Kohlenstoffaufnahme oder durch gemeinschaftliche Einwirkung von Kohlenwasserstoff und Cyankaliumdämpfen statt, wodurch sich stahlartiges Eisen bildet, welches mehr oder weniger zusammengesintert aus der Kohlungsregion in die Schmelzzone gelangt und sich hier mit Kohlenstoff zu Roheisen sättigt. In der Verbrennungs- oder Oxydationszone, im Vergleich zu den übrigen Zonen von sehr geringem Umfange, trifft die aus den Düsen in den Ofen strömende Luft auf Kohlen, welche sich in stärkster Weißglut befinden, und bildet mit denselben Kohlensäure, welche, indem sie durch die höher liegenden Schichten Kohle strömt, zu Kohlenoxyd reducirt wird; durch die Ver-

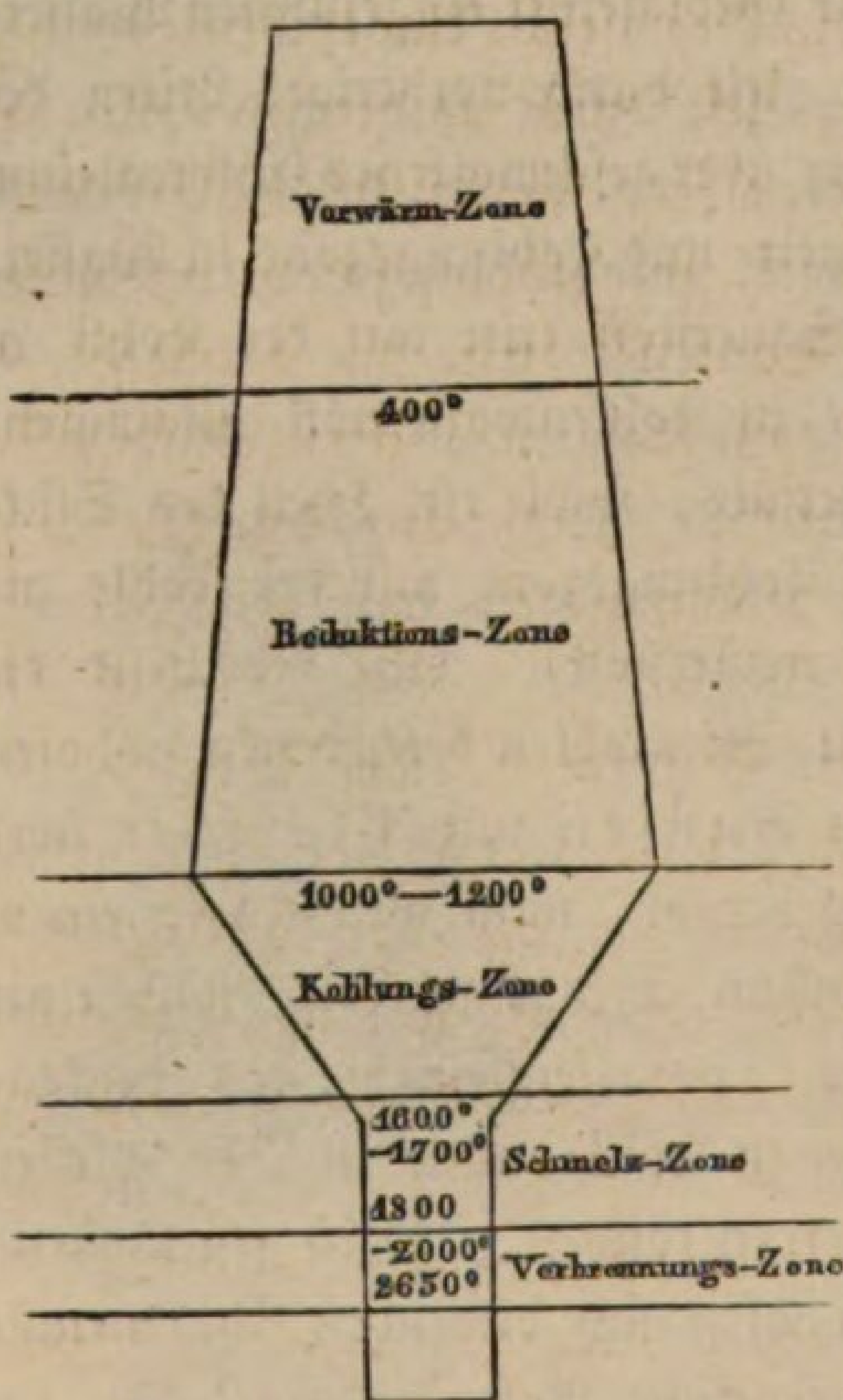
brennung des in dem Brennmaterial enthaltenen Wasserstoffs wird aber auch Wasser gebildet, welches nebst dem durch die Gebläseluft eingeführten Wasserdampfe (welchen man indessen in neuerer Zeit durch vorheriges Leiten der Gebläseluft über englische Schwefelsäure oder über geschmolzenes Chlorcalcium zu entfernen vorgeschlagen hat) in der Schmelz- und Kohlungszone in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird. Der Sauerstoff tritt mit der Kohle zu Kohlenoxyd, der Wasserstoff mit der Kohle zu Kohlenwasserstoff zusammen. Außerdem tritt der Stickstoff des Brennmaterials, sowie ein Theil des Stickstoffs der Gebläseluft in der Schmelz- und Kohlungszone mit der Kohle zusammen und bildet Cyan (-metalle oder -wasserstoff). Wie bedeutend die Erzeugung von Cyanmetallen bei einem mit Steinkohlen betriebenen Hohofen sein kann, geht aus einer Untersuchung von Bunsen und Playfair über den Proceß der englischen Roheisenbereitung hervor, nach welchem in einem Hohofen täglich gegen 225 Pfund Cyankalium erzeugt werden; nach einer Berechnung des Kaligehaltes des Eisenerzes (Thoneisensteines), des Zuschlages und der Steinkohlen, sollen im Hohofen zu Königshütte in Oberschlesien täglich 35$^1/_2$ Pfund Cyankalium gebildet werden können. Es ist gegenwärtig als feststehend zu betrachten, daß die im Hohofen sich bildenden Cyanmetalle bei der Reduction der Eisenerze eine wesentliche Rolle spielen. In der Schmelzzone findet auch Reduction der Thonerde und Kieselerde zu Aluminium und Silicium statt.

§. 39.

Fig. 8. zeigt die an den Grenzen der verschiedenen Zonen des Hohofens herrschenden Temperaturen. Die Temperatur der Verbrennungszone würde eine höhere sein, als es in der That der Fall ist, wenn nicht die Umwandelung der Kohlensäure in Kohlenoxyd durch Aufnahme von Kohlenstoff eine bedeutende Temperaturerniedrigung zur Folge hätte. Das Kohlensäuregas verdoppelt nämlich sein Volumen, indem es in Kohlensäure übergeht; das Uebergehen des Kohlenstoffs in den gasförmigen Zustand ist mit Bindung von Wärme verknüpft.

Eine äußerst wichtige Erfindung im Betriebe der Hohöfen ist die Benutzung der im Hohofen erzeugten und durch die Gicht entweichenden Gase (Gichtgase). Wenn man die Thatsache berücksichtigt, daß in den Hohöfen unter den günstigsten nahe liegenden Verhältnissen nur 16,55 Proc. Brennmaterial zur Realisation gelangen, während 83,45 Proc. durch die Gicht in Gestalt brennbarer Gase verloren gehen, so lag es nahe, diese Gase anzuwenden; früher geschah dies zum Erhitzen der Gebläseluft; durch die Bemühungen des Bergrathes Fabre du Faur ist es gelungen, die Gase mit dem glücklichsten Erfolge zum Schmelzen und Frischen des Eisens, zum Ausschweißen

Fig. 8.



des gefrischten Eisens in Flammenöfen, zum Rösten der Eisensteine, zum Darren und Verkohlen des Holzes anzuwenden. Die Anwendung derselben erscheint aber noch keineswegs erschöpft, denn Bunsen und Playfair fanden in den Gasen der mit Steinkohlen betriebenen Hohöfen Ammoniak in solcher Menge, daß dessen Gegenwart in den tieferen Theilen des Schachtes schon durch den Geruch wahrgenommen werden kann. Die genannten Chemiker berechneten, daß man aus dem Alfreton-Hohofen in England täglich 2,44 Ctr. Salmiak als Nebenproduct, ohne erhebliche Kostenerhöhung des Betriebes und ohne die mindeste Störung des Eisenprocesses, gewinnen könnte. Die Ammoniakbildung hängt offenbar mit der in der Schmelzungszone stattfindenden Cyanbildung zusammen, indem Cyankalium und andere Cyanverbindungen, wenn sie in der Glühhitze mit Wasserdämpfen zusammen kommen, unter anderen Zersetzungsproducten auch Ammoniak liefern.

§. 40.

Auf die Beschaffenheit des aus dem Hohofen erhaltenen Roheisens ist nicht nur die Beschickung, sondern auch hauptsächlich die Temperatur des Ofens von größtem Einflusse. Es scheint, als ob sich im Hohofen bei jeder Beschickung zuerst stets weißes Roheisen bildet und daß dieses erst bei sehr gesteigerter Temperatur in graues Roheisen überzugehen vermag. Findet die Reduction bei einem richtigen Quantitätsverhältnisse zwischen Erz, Zuschlag und Brennmaterial statt, so wird der Gang des Hohofens ein garer (Gargang, allure régulière) genannt. Man erhält dadurch ein Roheisen (weißes oder graues) mit gehörigem Kohlenstoffgehalte. Die Schlacke ist bei diesem Gange niemals dunkel gefärbt, weil sie nur wenig Eisenoxydul enthält. Wenn in Folge von vorherrschendem Erze, also von mangelndem Brennmaterial, die zur vollständigen Kohlung des Eisens erforderliche Temperatur nicht erreicht wird, so findet nicht selten nur unvollständige Reduction statt, in deren Folge eine große Menge von Eisenoxydul in die Schlacke geht und derselben eine dunkle Farbe ertheilt. Ein solcher Ofengang wird ein

roher, scharfer oder übersetzter Gang (allure irrégulière) genannt. Durch überwiegendes Brennmaterial, wodurch die Hitze im Hohofen zu sehr gesteigert wird, wird ein heißer, hitziger Gang (allure chaude) hervorgebracht und graues Roheisen erzeugt; durch den kalten Gang (allure froide) wird weißes Roheisen gebildet. Das mit Hilfe von erhitzter Gebläseluft gewonnene (heiß erblasene, *hot blast iron*) Roheisen ist unter sonst gleichen Bedingungen kohlenstoffreicher und siliciumhaltiger als das mit kalter Gebläseluft (kalt erblasene, *cold blast iron*) erblasene; gewöhnlich ist auch ersteres minder fest, daher auch weniger geschätzt.

Darstellung des Schmiede- oder Stabeisens.

§. 41.

Die Darstellung des Schmiede- oder Stabeisens kann auf zweierlei Weise geschehen. Die erste Methode, welche schon im Alterthume bekannt war und auch gegenwärtig noch in mehreren Gegenden üblich ist, besteht in der directen Ausbringung des Schmiedeeisens aus den Erzen, indem man dieselben auf einem Herde mit Kohlen unter Mitwirkung eines Gebläses reducirt, wobei sie nicht zur Schmelzung kommen, und den erhaltenen Klumpen (die Luppe) von reducirtem Eisen sofort ausschmiedet. Diese Eisengewinnungsmethode (Luppenfrischerei oder Rennarbeit) liefert ein Schmiedeeisen von vorzüglichster Qualität, ist aber wenig ergiebig. Die zweite Methode der Schmiedeeisendarstellung verfährt in der Weise, daß aus den Erzen zuerst Roheisen und darauf aus diesem durch einen Proceß, wesentlich ein Entkohlungsproceß, das Frischen, das Schmiedeeisen dargestellt wird. Letztere ist gegenwärtig fast allein angewendet.

§. 42.

Es wird die Rennarbeit entweder in Herden, Feuern (Rennherde, Luppenfeuer) oder in Schachtöfen (Stücköfen, Blaseöfen) ausgeführt. Je nach kleinen Modificationen in dem Betriebe unterscheidet man die französische, die italienische und die deutsche Luppenfrischerei.

a) Die französische Luppenfrischarbeit (méthode française, m. catalane) wird gegenwärtig noch in den Pyrenäen ausgeübt. Die Eisenerze, welche nach dieser Methode verschmolzen werden, müssen leicht schmelzbar und reichhaltig sein; gewöhnlich sind es Roheisenstein, Magneteisenstein und gewisse Spatheisensteine. Die hierbei angewandten Oefen sind viereckige, mit Eisenplatten ausgesetzte Herde, deren Dimensionen je nach der Localität variiren; die kleinsten Herde, welche nur 3—4 Ctr. Erze fassen, werden catalonische (forges catalanes), die größeren die biskayischen Feuer

genannt; letztere fassen 7—8 Ctr. Erze. Man schmilzt in den Herden die Erze mit Holzkohlen und unter lebhaftem Gebläse so nieder, daß eine sehr eisenreiche Schlacke und zugleich Schmiedeeisen sich bildet, welches darauf zu einem Klumpen vereinigt wird. Der erforderliche Wind wird gewöhnlich durch ein Wassertrommelgebläse erzeugt.

b) Die italienische oder corsische Luppenfrischarbeit, auf Corsica und Elba heimisch, stimmt im Allgemeinen mit der französischen Methode überein, unterscheidet sich aber von letzterer dadurch, daß während bei der französischen Frischarbeit das geröstete Erz in Einer Operation reducirt, geschmolzen und gefrischt wird, bei dem italienischen Verfahren ein jedes Stück Erz dreimal auf den Herd kommt, das erste Mal, um geröstet, das zweite Mal, um reducirt, das dritte Mal, um eingeschmolzen und gefrischt zu werden.

c) Die deutsche Luppenfrischarbeit oder die Stückofenwirthschaft wendet niedrige Schachtöfen (Stücköfen, Wolfsöfen, fourneau à loupe, f. à masses, *single block furnace*) an, welche rund oder viereckig und meist mit einem Bauch oder Kohlensack versehen sind. Die zur Schmelzung gelangenden, leichtflüssigen Erze liefern ein stahlähnliches, mehr oder minder geschmeidiges Eisen, welches sich auf dem Boden zu einem Stück, Wolf, Guß, Maß, Luppe (loupe, masse) ansammelt und sobald es ein Gewicht von 15—20 Ctr. erreicht hat, mit Unterbrechung des Schmelzbetriebes, gewöhnlich alle 24 Stunden, aus dem Ofen geschafft werden muß. Das Stück wird hierauf in etwa centnerschwere Stücke zerschrotet, die dann auf einem Herde weiter verfrischt werden.

§. 43.

Das Frischen des Roheisens (affinage), d. h. die Umwandelung desselben in Schmiedeeisen, geschieht entweder in Herden oder Feuern (forges) mit Holzkohlen, oder in Flammenöfen mittelst Steinkohlen (das Puddeln). Das Wesentliche des Frischens ist die Verbrennung des Kohlenstoffs des Roheisens. Die Oxydation geschieht indessen weniger durch den atmosphärischen Sauerstoff, als vielmehr durch die Einwirkung des entstandenen Eisenoxyduls auf das kohlehaltige Roheisen. Durch den Frischproceß werden gleichzeitig mit der Kohle auch andere Bestandtheile des Roheisens (Silicium, Schwefel, Phosphor ꝛc.) zum größten Theile durch Oxydation oder durch besondere Zuschläge entfernt. Bei dem Herdfrischen wird das Roheisen in einem kastenförmigen Raume bei Anwendung eines Gebläses meist mit Holzkohle eingeschmolzen, das Flammenofenfrischen findet dagegen mit Steinkohlen und ohne Gebläseluft statt. Als Vorzüge der Herdfrischerei ist haupt-

sächlich anzuführen, daß das gewonnene Eisen reiner, dichter, härter und zäher ist als das durch den Puddlingsproceß erhaltene, was seinen Grund darin hat, daß man zum Herdfrischen meist das reinere Holzkohleneisen und fast stets die von allen schädlichen Beimengungen freie Holzkohle anwendet, geringere und daher besser zu handhabende Massen bearbeitet (in gleicher Zeit verarbeitet man im Herd ungefähr 60—80 Ctr., im Puddelofen dagegen 225—250 Ctr.), anstatt der Walzwerke Hämmer anwendet, wodurch das Eisen reiner wird, und zuletzt wiederholt aufbricht, durcharbeitet und unter Mitwirkung des Gebläses niederschmilzt, wobei die Verunreinigungen vollständig abgeschieden werden. Als Vorzüge des Puddelns lassen sich hervorheben, daß man bei einfacherer und vollkommener Arbeit auch aus unreinem Roheisen ein besseres Schmiedeeisen erzeugen kann, als durch das Herdfrischen, der niedrigere Preis des Koksroheisens und der Steinkohlen, so wie die Schnelligkeit der Ausführung eine Ausdehnung der Production herbeiführen, wie sie durch das Herdfrischen niemals erreicht werden kann (1 Ctr. Roheisen giebt durch das Herdfrischen bei einer Consumtion von 1—1$^1/_3$ Ctr. Holzkohlen auf jeden Ctr. des gewonnenen Productes, ungefähr 72 Pfund Schmiedeeisen; durch das Puddeln erhält man von 125—140 Pfund Roheisen 100 Pfd. Schmiedeeisen bei einem Verbrauche von 1 Ctr. Steinkohlen).

§. 44.

Das Frischen in Herden (der deutsche Frischproceß) zerfällt in zwei Abtheilungen, in das Einschmelzen und in das eigentliche Frischen, d. h. in die Vereinigung des Eisens zu einer Eisenmasse (Luppe). Geht die Vereinigung schnell vor sich, so nennt man den Proceß gar, im entgegengesetzten Falle roh. Zur Umwandelung in Schmiedeeisen ist besonders das weiße Roheisen geeignet, weil es die für den Frischproceß wichtige Eigenschaft besitzt, vor dem Schmelzen in einen breiartigen Zustand überzugehen. Graues Roheisen wird deshalb häufig durch verschiedene Verfahrungsarten zum Frischen vorbereitet, welche sämmtlich darauf hinausgehen, es in weißes Roheisen überzuführen. Man bezeichnet diese Arbeit mit dem Namen Weißmachen (Verfeinern, Feineisenmachen, finage, *fining*, *refining*). Sie kann auf folgende Weise ausgeführt werden:

1) Durch Ablöschen, indem man das dem Hohofen entströmte Roheisen mit Wasser übergießt, die erstarrte Kruste abhebt und dies wiederholt (Blattelheben, Scheibenreißen);

2) Durch Granuliren oder Körnen, indem man das geschmolzene Roheisen in einem dünnen Strahle in bewegtes Wasser fließen läßt, wodurch die

Umänderung des grauen Roheisens in weißes weit vollkommener, als durch bloßes Ablöschen erfolgt;

3) Durch Umschmelzen des Roheisens in einem besonderen Schmelzherde ohne Gebläse bei Holzkohlen (Hartzerrennen oder Blattelheben am Zerrennherd, mazéage, mazage) und nachfolgendes Scheibenreißen. Insofern das Roheisen durch Hartzerrennen vorbereitet ist, nennt man das Frischen selbst Weichzerrennen. Es wird hierbei weniger der Kohlenstoff, als vielmehr Mangan und Silicium ausgeschieden; ersterer wird zum Theil orydirt, sobald beim Einschmelzen garende Zuschläge zugegeben werden (Kartitsch-, Kortischarbeit);

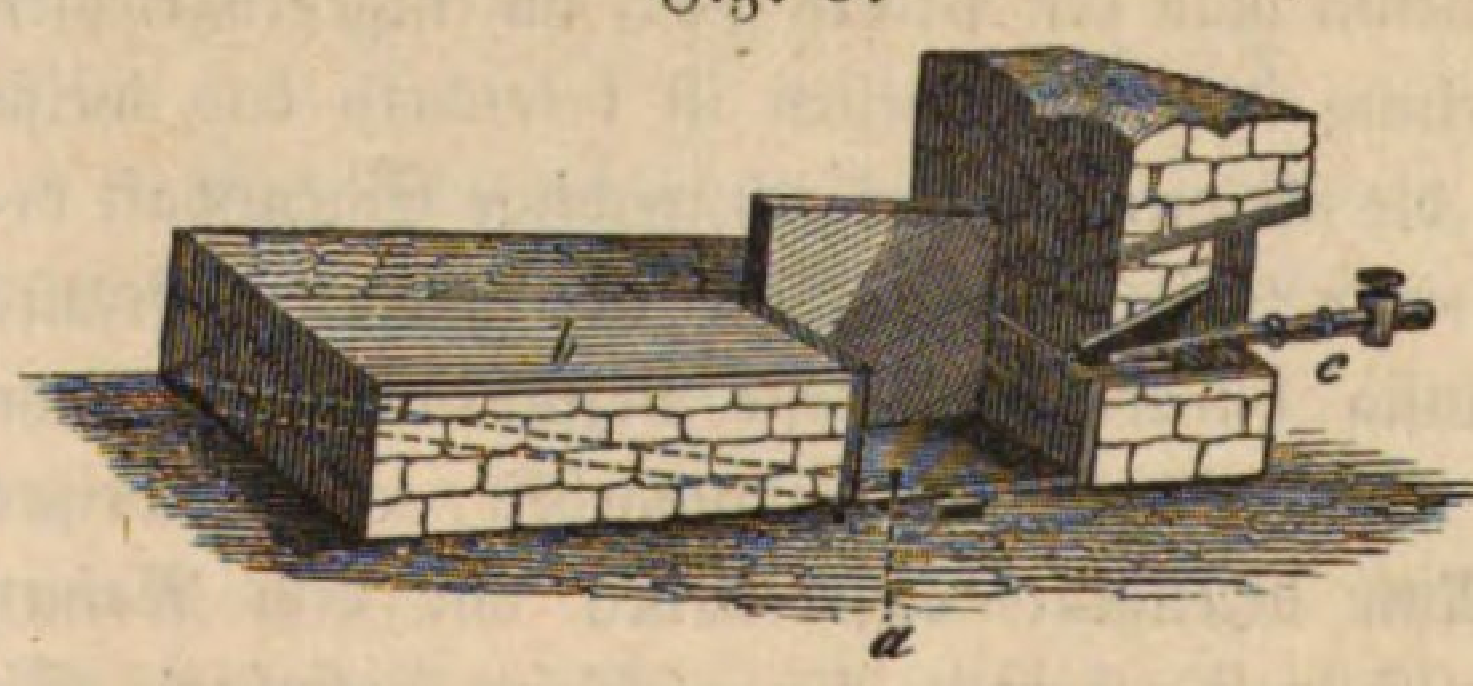
4) Durch das Füttern des Ofens (d. h. des Untergestells) mit orydirten Eisenerzen, durch deren Einwirkung ein Theil des Kohlenstoffs orydirt wird;

5) Durch Umschmelzen im sogenannten Feineisenfeuer oder Raffinirfeuer (fourneau d'affinerie, *refinery furnace*, *run-out-furnace*) ohne Zuschläge, wodurch das Roheisen am vollkommensten für das Frischen vorbereitet wird, indem durch das Niederschmelzen und fortgesetzte Einwirkung des Gebläses auf das geschmolzene auf dem Herde befindliche Roheisen nicht nur der Kohlegehalt abnimmt, sondern auch Phosphor, Silicium und Mangan ausgeschieden werden.

Das Product des Weißmachens wird Feineisen, Feinmetall (*fine iron, fine metal*) genannt.

§. 45.

Fig. 9.



Der Frischherd b (Fig. 9) ist eine große Esse mit zwei Blasebälgen, in welcher der zum Frischen bestimmte Raum durch einen aus gußeisernen Platten (Frischzacken, taques) zusammengesetzten viereckigen Kasten a (Tümpel, Feuer, foyer, creuset) abgegrenzt wird. Die hintere der Eisenplatten wird der Hinterzacken oder Aschenzacken (rustine, taque de fond, herre), der eiserne Boden der Bodenzacken oder eigentliche Frischzacken genannt; zu beiden Seiten liegen die Formzacken (varme, taque de tuyère), während die vordere Seite durch den Schlackenzacken (laiterol, chariot, taque à laitier) geschlossen wird. Zum Abkühlen des Feuers befindet sich unter dem Frischboden gewöhnlich eine aus-

gemauerte Oeffnung, Tümpelloch, welche mit einem Wasserbehälter in Verbindung steht und die Bestimmung hat, bei eintretender zu hoher Temperatur die Eisenplatten abzukühlen und das Anhängen des gefrischten Eisens zu verhindern. Man wendet das zu verfrischende Roheisen in Platten von 6—8 Fuß Länge, 1 Fuß Breite und $1^1/_2$—3 Zoll Stärke an, die man Gänze oder Stücken nennt. Dieselben werden, nachdem der Feuerraum mit glühenden Holzkohlen gefüllt ist, zum Einschmelzen mit einem Ende über die Platte, welche dem Gebläse c gegenüber liegt, gebracht und unter Anwendung des Gebläses und einiger Zuschläge geschmolzen, wobei sie in dem Maße, als sie niederschmelzen, der Form genähert werden. Durch den Sauerstoff der Gebläseluft wird das Eisen entkohlt. Der den Gänzen anhängende Sand, die durch Oxydation des Siliciums des Roheisens entstandene, so wie die durch die Holzkohlenasche, zum Theil auch durch die Zuschläge in die Masse gelangte Kieselerde kommen bei dem Frischen gleichfalls in Betracht; diese Körper verbinden sich mit dem zu gleicher Zeit entstehenden Eisenoxydul zu basisch kieselsaurem Eisenoxydul (Rohschlacke, SiO_3, 3 FeO), welche über dem teigig gewordenen Eisen steht und während des Frischens von Zeit zu Zeit abgelassen wird, ohne jedoch das Eisen gänzlich von der Schlacke zu entblößen. Diese Schlacke wird zu der nächsten Frischung mit Eisenhammerschlag (Eisenoxydul-Oxyd) gemengt, gegeben, um die Entkohlung des Eisens zu bewirken. Glüht man nämlich Roheisen mit Hammerschlag und Rohschlacke, so giebt der Hammerschlag an den Kohlenstoff des Roheisens Sauerstoff ab und es bilden sich Kohlenoxyd und reines Eisen. Bei der Frischung werden auch alle anderen in dem Roheisen enthaltenen fremden Körper, wie Aluminium, Phosphor 2c., als Thonerde, Phosphorsäure 2c. in die Schlacke getrieben.

§. 46.

Nach dem Einschmelzen des Roheisens werden die Schlacken abgelassen und der Frischer schreitet zum Rohaufbrechen; er bricht zu dem Ende die Masse mit der Brechstange auf und nähert sie der Windseite; er sucht sie nun mit einer zweiten Brechstange, mit welcher er die erste kreuzt, in der Höhe zu erhalten, um sie beliebig umkehren und wenden zu können. Die aufgehobene Eisenmasse zertheilt sich nun in mehrere Stücke, so daß sie der Luft eine große Oberfläche darbietet. Der Frischer schüttet hierauf frische Kohlen auf den Boden und bringt die Stücke auf das Brennmaterial. Je nach dem Grad der Gare läßt er das Gebläse stärker oder schwächer gehen und schüttet, wenn nöthig, eine Schaufel voll Hammerschlag darauf. Das Eisen geräth nun bald in Fluß und geht in den Herd nieder. Die sich nach dem Rohaufbrechen

bildende Schlacke wird um so eisenoxydulreicher, je mehr sich das Eisen der Gare nähert, wodurch sie endlich zur Garschlacke (SiO_3, 6 FeO) wird, welche ebenso wie die mit Hammerschlag versetzte Rohschlacke als Zusatz zur Beförderung der Entkohlung des Eisens benutzt wird.

Auf das Rohaufbrechen folgt das Garaufbrechen. Der Frischer hebt das Eisen über die Form in die Höhe, so daß die glühenden Kohlen unter dasselbe fallen, stößt den Schwahl, der am Frischboden sich festgesetzt hat, los, beschüttet das Eisen mit frischen Kohlen und steigert nun die Temperatur, bis das Eisen wieder halbflüssig wird und in kochende Bewegung geräth. Das kräftig wirkende Gebläse, das Kochen der Eisenmasse, die hohe Temperatur, Alles vereinigt sich nun zur Reinigung des Metalles. Nachdem das Eisen sich zu einer Masse vereinigt hat, hebt der Frischer einzelne Stücke oder Anlaufkolben (lopins) heraus, indem er einen Eisenstab hineinsteckt, an welchen sich so viel Eisen hängt, als er zum Ausschmieden braucht. Der chemische Proceß ist nun vollendet und das Eisen wird fortan auf mechanischem Wege, entweder unter dem Hammer oder mit Hilfe von Walzwerken in Stäbe gereckt. Vorher wird von der Eisenmasse der Hammerschlag oder Zunder (Schwahl) mit einem hölzernen Hammer abgeklopft und ihr dann unter dem Hammer eine würfelähnliche Gestalt ertheilt (das Zängen, le cinglage), und darauf in 4 oder 6 Stücke (Schirbel, massoques, maquettes) zerhauen. In einem Feuer können in einem Tage 800 bis 1200 Pfd. Roheisen gefrischt werden. Die gefrischte Eisenmasse führt den Namen Deul oder Luppe (Klump, Frischstück, Maffel, Wolf, loupe). Eine Frischung dauert ungefähr 5 Stunden. Die Frischschlacke (*refining cinders*) wird entweder im Hohofen auf Roheisen verarbeitet oder zum Frischen des Roheisens benutzt.

§. 47.

Von der gewöhnlichen Herdfrischmethode sind mehr oder minder folgende Verfahren abweichend:

1) die Suluschmiede, in Schweden üblich; sie giebt keine günstigen Resultate, weil die Stücke, die einzeln aus dem Herd genommen und für sich verschmiedet werden, mehr oder weniger stahlartig sind;

2) das But- oder schwedische Klumpfrischen, wobei weißes, garschmelziges Roheisen in Massen von 2—3 Ctr. zu einem Klump zusammengeschmolzen und nur einmal aufgebrochen wird. Es liefert ein gutes Eisen;

3) die Halbwallonenschmiede, in Frankreich (hier forge de Berry genannt) und Schweden gebräuchlich, unterscheidet sich von der eigentlichen

deutschen Frischerei dadurch, daß sie nur Schirbel (vgl. S. 58) herstellt und dieselben nicht ausschmiedet;

4) die Wallonenschmiede, an der Lahn, in der Eiffel und in Steiermark gebräuchlich. Man schmilzt nur geringe Quantitäten Roheisen, ohne die Vorbereitung des Weißmachens rc., möglichst gar nieder, bricht gar auf und läßt dann eingehen. Eine Luppe, welche unter dem Hammer zusammengeschlagen und an einen besonderen Reckherd abgegeben wird, wiegt 40—60 Pfd.;

5) die Löschfeuerschmiede (in der Grafschaft Henneberg und im Thüringer Wald), so genannt, weil ihr Boden und Formzacken fehlen, besteht einfach in einer Kohlenlöschgrube, in welcher man Roheisen mit schon fertigem Stabeisen möglichst schnell und ohne Aufbrechen zur Gare bringt. Das Einschmelzen und Ausschmieden des Deuls bildet zwei verschiedene Arbeiten;

6) die steirische Einmalschmelzerei; es wird in dem frisch beschickten Herde zunächst das Schmiedeeisen des früheren Frischens ausgeheizt, während man die Gänze von dem Gichtzacken allmälig bis über die Form rückt und dort niederschmelzen läßt. Es wird nicht aufgebrochen. Das Ausheizen des in Steiermark Daichel genannten Schirbel geschieht häufig mit Garschlacke, welche auch noch frischend wirkt;

7) die Siegensche Einmalschmelzerei schmilzt halbirtes oder blumiges Roheisen nieder und unterscheidet sich von der vorhergehenden hauptsächlich dadurch, daß größere Luppen (3—4 Ctr.) gemacht werden;

8) die Frischarbeit am Schwahlboden, in Ungarn und Oesterreich üblich, ist den beiden vorstehenden ähnlich;

9) die Osemundschmiede, in der Grafschaft Mark gebräuchlich, unterscheidet sich von der Wallonenschmiede nur durch das Ausheizen der Anlaufkohlen im Herde selbst;

10) die Müglafrischschmiede oder das Brockenschmelzen (affinage bergamasque), in Kärnten und Frankreich üblich; es wird mehr roh eingeschmolzen und darauf dem noch flüssigen Eisen gärende Mittel zugesetzt, bis eine trockne bröcklige Masse entstanden ist, die ein zweites Mal niedergeschmolzen wird. Sie liefert bei sehr großem Kohlenverbrauche ein sehr gutes Eisen, ähnlich verfährt man in Berchtesgaden und Salzburg bei der Sinterfrischerei und in Böhmen, Mähren, Ungarn bei der Brechschmiede.

11) die hochburgundische Frischmethode (Comtéfeuer) wird in Belgien, im südwestlichen Deutschland, im südöstlichen Frankreich und in der Schweiz angewandt. Das Roheisen wird tropfenweise eingeschmolzen, die rohen Partien nochmals über die Form gebracht und endlich durch das Gar-

aufbrechen alle Eisentheile zu einem Klumpen in der Mitte des Feuers vereinigt. Zuletzt wird der Deul ausgeschmiedet;

12) die schwäbische Frischmethode oder Kartitscharbeit wird durch zweimaliges Einschmelzen in zwei besonderen Herden ausgeführt; es wird das Roheisen in den Hartzerrennherden mit gärenden Zuschlägen zu einem Klumpen (Kartitsch, Kortisch, Hartfloß, Hase, Hahn) eingeschmolzen, den man im glühenden Zustande aufbricht und nach Art der steirischen Einmalschmelzerei verfrischt;

13) die südwalliser Frischarbeit beginnt mit der Darstellung von Feineisen, welches im noch flüssigen Zustande in den mit Holzkohlen beheizten Frischherd gebracht und dann mit Wasser abgekühlt wird; die erhaltenen kleinen Frischstücke werden an Eisenstäben in den Wind gehalten, wobei kleine 10—12 Pfd. schwere stahlartige Luppen erfolgen, welche zu flachen Scheiben zusammengeschlagen und in Schweißöfen völlig gar gefrischt werden.

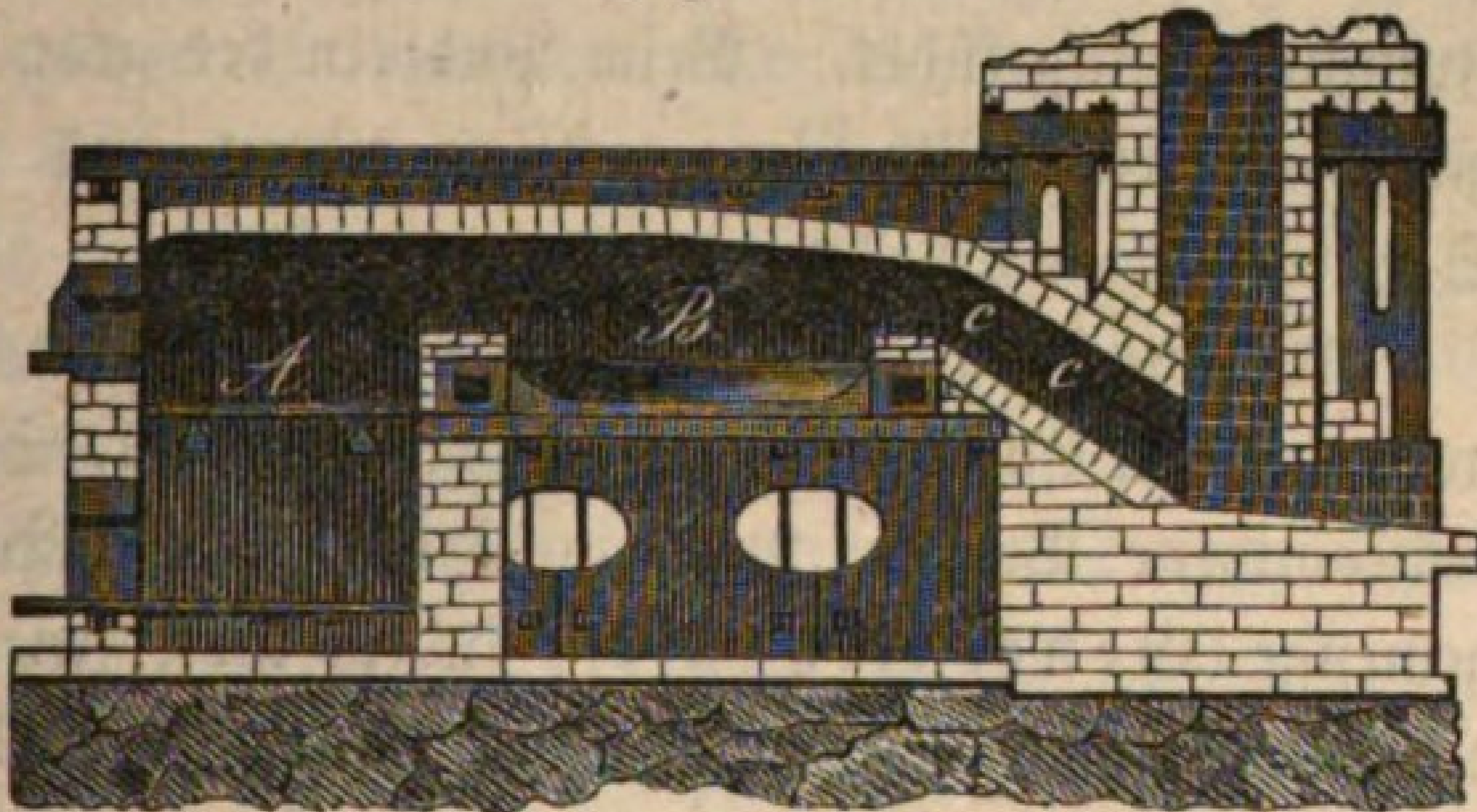
§. 48.

Frischarbeit in Flammenöfen (Puddlingsproceß). Die geringe Qualität des mit Hilfe von Koks in Herden oder in Feuern gefrischten Schmiedeeisens und der überaus große Abgang, welchen das Roheisen dabei erleidet, verbunden mit dem zunehmenden Holzmangel, führten in Großbritannien nach Einführung des Koksbohofenbetriebes auf die Idee, das Verfrischen des Roheisens mittelst Steinkohlen auszuführen. Schon in der Mitte des 17. Jahrhunderts waren in England Patente auf die Steinkohlenverfrischung ertheilt worden, jedoch gelang es erst in der Mitte des 18. Jahrhunderts, der Holzkohlen gänzlich entbehren zu können. Im Jahre 1787 bewerkstelligten zuerst Cort und Parnell das Verfrischen des Roheisens auf Flammenofenherden. Diese Frischmethode ist mit mehreren Modificationen und Verbesserungen jetzt allgemein eingeführt, und nur durch sie allein ist Britanniens ungeheuere Schmiedeeisenproduction möglich geworden.

Da das mit Koks erblasene Roheisen fast immer ein sehr graphitreiches und siliciumhaltiges graues Roheisen ist, so geht dem eigentlichen Frischproceß die vorbereitende Operation des Weißmachens, die Umwandelung in Feinmetall voraus, was in besonderen Oefen oder Herden, den Affinirfeuern, geschieht. Der Abgang beim Feinmachen beträgt etwa 12 bis 17 Proc.; der Verbrauch an Koks auf 20 Ctr. Eisen etwa 4—5 Ctr. Das Feinmetall wird zerschlagen, gewogen und dem Puddelofen übergeben. Ein gewöhnliches Affinirfeuer kann täglich 200 Ctr. Feinmetall liefern, demnach etwas mehr, als ein Hohofen an Ausbeute giebt; dafür arbeiten aber die Affinirfeuer nur 6 Tage die Woche, während der Hohofen ohne Unter-

brechung Roheisen giebt, so daß beide gleichen Schritt mit einander halten können. Das **Puddeln**, (puddlage, *puddling*, von dem englischen Zeitwort *to puddle*, umrühren, durcharbeiten) wird in dem **Puddelofen** (fourneau à puddles, *puddling furnace*), Flammenöfen, vorgenommen, deren Feuerungsraum eine verschiedene Construction hat, je nachdem mit festem Brennmaterial oder mit Gasen geheizt wird. Ein mit Steinkohlenfeuerung versehener englischer Puddelofen hat folgende Einrichtung (Fig. 10): A ist der Rost, B der Puddelherd, aus Sand oder zerkleinerter Garschlacke auf einer eisernen Bodenplatte gebildet, und c, c der Kanal, durch welchen die abziehenden Gase in die 40 bis 50 Fuß hohe Esse treten. Der Arbeiter trägt das zerschlagene weiße Roheisen (300—350 Pfd.) in den Ofen ein und giebt auf den Rost Steinkohlenfeuer.

Fig. 10.



Nachdem die Temperatur die erforderliche Höhe erreicht hat, nimmt das Eisen eine teigige Beschaffenheit an; es wird sodann mittelst einer Krücke über die Herdsohle des Ofens ausgebreitet und bei verminderter Temperatur fortwährend umgerührt. Auf dem breiigen Eisen zeigen sich blaue Flämmchen von brennendem Kohlenoxydgase und das Eisen wird zäher und steifer und endlich sandartig (trocken, *todry*). Sobald die Flämmchen seltener zu werden beginnen, geht die Entkohlung zu Ende und man schreitet unter Steigerung der Temperatur zum Zusammenschweißen der einzelnen Stücke zu Luppen (*balls*), indem der Arbeiter einen Brocken auf der weichen Masse hin- und herrollt, bis sich ein Ballen von 60—70 Pfd. gebildet hat, den er an die heißeste Stelle des Herdes bringt, um hier noch weicher zu werden. Es werden nach Umständen 3—6 Luppen gebildet, welche einzeln mit Hilfe einer Zange aus dem Ofen gezogen werden. Die ganze Operation des Puddelns währt 2—2½ Stunden, es kann der Proceß mithin in 24 Stunden 8—10mal wiederholt, demnach gegen 36—40 Ctr. Roheisen verarbeitet werden. Der Verlust an Eisen beträgt bei geschickter Leitung nicht mehr als 8—10 Proc. Der Verbrauch an Steinkohlen kommt an Gewicht dem des verarbeiteten Roheisens gleich. Fünf Puddelöfen gewöhnlicher Größe verarbeiten das Roheisen eines Hohofens und des dazu gehörigen Affinirfeuers.

§. 49.

Wendet man anstatt des weißen Roheisens graues kohlenreiches an, so schmilzt man dieses ein, nachdem man auf den Herd reichlich Frischschlacken gebracht hat, wo durch die oxydirende Einwirkung der Schlacken das Eisen erst in den Zustand versetzt wird, in welchem sich das weiße Roheisen (Feinmetall) befindet, wenn es zu erweichen beginnt. Das geschmolzene Roheisen wird mit den flüssigen Schlacken in fortwährender Bewegung erhalten, auch wol nach dem Flüssigwerden durch häufiges Begießen mit Wasser in den teigigen Zustand zurückgeführt. Beim Puddeln des grauen Roheisens steigt der Abgang auf etwa 30 Proc. Man nennt das vorstehende Verfahren das Schlackenpuddeln.

Anstatt durch die directe Steinkohlenflamme betreibt man die Puddelöfen auch mit den Gichtgasen des Hohofens (vergl. S. 51), oder dem durch unvollkommene Verbrennung von Holz, Torf, Braunkohlen erzeugten Gasgemenge (Generatorgase), indem man jene Gase mit Luft gemischt in dem Puddelofen verbrennen läßt (Gaspuddeln, puddlage au gaz, *gas-puddling*). Das Puddeln mit Gichtgasen ist noch mit mancherlei Störungen und Unsicherheit des Erfolgs behaftet, so daß es nur selten Anwendung findet.

Eisen, welches zu viel Phosphor enthält, wird davon befreit, indem man während des Puddelns in das geschmolzene Eisen das sogenannte Schafhäutl'sche Mittel, ein Gemenge von $1^3/_4$ Th. Braunstein, $3^3/_4$ Th. Kochsalz und $^2/_3$ Th. Töpferthon einträgt.

§. 50.

Die Theorie des Puddlingsprocesses ist folgende: Beim Zuströmen von Luft zu dem auf dem Herde des Flammenofens eingeschmolzenen Roheisen bildet sich eine nicht unbedeutende Menge von Eisenoxydul-Oxyd, dessen Sauerstoff den Kohlenstoff des Roheisens in Gestalt von Kohlenoxydgas entfernt, das in mit bläulicher Flamme verbrennenden Bläschen entweicht. Mit der fortschreitenden Entkohlung wird die Masse immer strengflüssiger und es bilden sich in ihrem Innern feste Körper von Schmiedeeisen, deren Menge zunimmt und welche mit dem Rühreisen zusammengehäuft und lose an einander geschweißt werden. Dadurch trennt sich das noch kohlehaltige Eisen und wird durch fortgesetztes Umrühren völlig entkohlt. In der Praxis ist jedoch dieser Proceß nicht so einfach, dies hat darin seinen Grund, daß es 1) nicht wol möglich ist, alles Eisenoxydul-Oxyd mit dem Kohleeisen in Berührung zu bringen, weshalb leicht Oxyd im Eisen bleibt, wodurch der Zusammenhang der einzelnen Theile aufgehoben wird. Dieses überschüssige Oxyd sucht man

durch Zusatz von Rohschlacke (SiO_3, 3 FeO) zu entfernen, welche dadurch in Garschlacke (SiO_3, 6 FeO) übergeht. Durch die Abscheidung des Eisenoxydul-Oxydes wird ein Eisenverlust von 4—5 Proc. herbeigeführt, zu dem noch durch das Verbrennen des Kohlenstoffs etwa 5 Proc. kommen. Ein anderer Grund liegt 2) in einem Gehalte des Roheisens an Hohofenschlacke und mechanisch anhängender Kieselerde rc. Während des Puddelns vereinigt sich die freie Kieselerde mit der Hohofenschlacke; kommt nun in dem letzteren Stadium des Processes diese kieselerdereiche Schlacke mit dem Eisenoxydul bei mangelndem Kohlenstoff in Berührung, so giebt sie ihre Kieselerde theilweise an das Eisenoxydul ab und bildet mit demselben Garschlacke, welche an den Wänden und der Sohle des Ofens adhärirt, und eine basische, strengflüssige Hohofenschlacke, welche mit dem Eisen gemengt bleibt. Diese Schlacke zu entfernen, ist der Puddlingsproceß nach seinem gegenwärtigen Stande durchaus unfähig. Der Faulbruch eines Eisens, von welchem diese Schlacke zwei oder mehrere Procente ausmacht, erklärt sich dadurch auf eine ganz ungezwungene Weise.

Darstellung des Stahls.

§. 51.

Man kann den Stahl darstellen:

1) direct aus den Erzen (Wolfsstahl, Blase- oder Osemundstahl);

2) durch theilweise Entkohlung des Roheisens (Rohstahl, Schmelzstahl, auch Puddelstahl);

3) durch Kohlung des Schmiedeeisens (Brennstahl, Cementstahl);

4) durch Zusammenschmelzen von Roheisen und Schmiedeeisen.

Die Stahlbereitung, unmittelbar aus den Erzen, geschieht wie bei der Schmiedeeisenbereitung entweder in Stücköfen oder in Herden. Der Betrieb der Stücköfen ist jetzt gänzlich eingegangen, und man mußte vor Zeiten die erhaltenen Stücke jedesmal untersuchen, ob sie sich zu Stahl, oder zu Schmiedeeisen eignen würden. Bei dem ganzen Verfahren spielte also der Zufall eine große Rolle. Die erhaltenen Stücke wurden zwischen einer Zange gefaßt und in einem Frischfeuer bis zur Schmelzhitze erhitzt. Der in der Zange zurückgebliebene, nicht geschmolzene Klumpen wurde zu Stahl ausgeschmiedet, das eingeschmolzene und in den Herd eingegangene Eisen aber zu Schmiedeeisen verfrischt und weiter bearbeitet. — Eben so wenig ist es heutzutage noch gebräuchlich, in den Rennherden oder Luppenfeuern absichtlich Stahl zu erzeugen, indem man ihn häufig genug unabsichtlich bei jener Arbeit erhält. Der Stahl, welchen die Luppenfrischer zufällig erhalten, wird Wolfsstahl genannt, er ist in der Regel sehr eisenhaltig und nur zu grö-

deren Gegenständen anwendbar. Das aus den Blau- oder Blaseöfen erhaltene stahlartige Eisen nennt man Blase- oder Osemundstahl. Auch dieser Stahl ist ein sehr verschiedenartiges Gemenge von hartem und weichem Stahl und von Schmiedeeisen.

Stahlerzeugung aus Roheisen.

§. 52.

Die Umwandelung des Roheisens in Stahl oder das Stahlfrischen geschieht entweder 1) in Herden oder 2) in Flammenöfen (Puddelstahl). Das Product führt die Namen Rohstahl, Schmelzstahl, Frischstahl, Mock, acier brut, acier naturel, acier de forge, acier de fonte, acier d'Allemagne, *rough steel, natural steel, furnace steel, german steel*). Das zum Stahlfrischen geeignetste Eisen ist das weiße rohschmelzige Roheisen (Spiegelfloß), das blumige und luckige Eisen. Im Allgemeinen erhält man ein zur Darstellung von Stahl sich besonders eignendes Roheisen durch Verschmelzen von reinen Spath- und Brauneisensteinen, besonders den manganhaltigen (Stahlerze). Das Stahlfrischen unterscheidet sich vom Eisenfrischen hauptsächlich dadurch, daß man das Garwerden des Roheisens durch eine langsame Behandlung unter dem Winde zu bewirken sucht, während das Roheisen beim Eisenfrischen stets vor oder über dem Winde gehalten werden muß. Dadurch wird der Kohlenstoff nur allmälig verbrannt und der Arbeiter hat es in seiner Gewalt, den Proceß in dem Augenblicke zu unterbrechen, wo der Stahl gar ist. Eine Fortsetzung der Operation würde natürlich den Stahl in Schmiedeeisen überführen. Das Rohstahlfeuer hat im Wesentlichen die Einrichtung eines Frischfeuers.

Die in Stahl zu verwandelnden Roheisenstücke (Heite, Heize) werden an der Gicht vorgewärmt, dann mit etwas Hammerschlacke allmälig niedergeschmolzen, wobei der Wind sehr tief geht und die Kohlen hohl bläßt. Ist das Eisen vollkommen flüssig, so läßt man das Gebläse langsamer gehen, es wird Hammerschlacke aufgestreut und mit einer Brechstange einige Zeit umgerührt, bis sie breiartig wird. Man schmilzt so mehrere Stücke Eisen herunter, läßt dann das Gebläse sehr rasch gehen und rührt um, wobei das Eisen unter heftigem Wallen gar wird. Sticht man den Stahl, wenn er eben aufzukochen und die Kohlen in die Höhe zu heben beginnt, aus dem Schlackenloche ab, so erhält man den Willerstahl oder wilden Stahl, der neben außerordentlicher Härte weder Schweißbarkeit noch Geschmeidigkeit besitzt und in der Mitte steht zwischen Roheisen und Stahl; er wird wegen seiner Härte zu den Drahtzieheisen verwendet. Ist der Stahl gar, so stellt man das Gebläse ab, entfernt die Kohlen, bricht die Luppe (den Stahl-

schrei) aus, bringt sie unter den Hammer und zerhaut sie in 6, 7—8 Stücke. Bei besseren Sorten Roheisen sollen aus 7 Ctrn. 5 Ctr. Rohstahl und bei sehr gutem Roheisen aus 4 Ctrn. 3 Ctr. Rohstahl erfolgen. Ein Feuer kann wöchentlich 25 Ctr. Rohstahl liefern. In der Grafschaft Mark setzt man altes Schmiedeeisen (garen Schrat) hinzu, wodurch sich der Stahl natürlich früher zur Gare neigt. Häufig verwendet man bei einem Schrei zu $^2/_3$ Rohstahleisen $^1/_3$ altes Schmiedeeisen. Man nennt dieses Verfahren die Schratschmiede. Im Siegen'schen verarbeitet man Spiegeleisen; der fertige Stahl wird ausgeschmiedet und die heiße Stange in kaltes Wasser geworfen. Mit der erkalteten Stange schlägt darauf der Arbeiter auf die Kante eines Amboßes, wodurch ein Theil der Stange wie Glas abspringt. Der abspringende Theil, welcher gegen 75 Proc. beträgt, heißt Edelstahl und ist das Hauptmaterial der gesuchten Stahlwaaren der Grafschaft Mark; der weichere Theil (Mittelkühr) beträgt 25 Proc. und ist zu Sensen, Sägeplatten 2c. sehr gut verwendbar.

§. 53.

Das beschriebene Verfahren des Stahlfrischens ist im nördlichen Deutschland (Westphalen, Schlesien), sowie auch in Schweden mehr oder weniger modificirt, üblich. Im südlichen Deutschland, in Ungarn, Italien und Frankreich, wo man nur weißes manganhaltiges Roheisen zur Stahlfabrikation anwendet, ist der Betrieb wesentlich abweichend und wird zum größten Theile durch die Beschaffenheit des Roheisens, sowie durch hergebrachte Gewohnheit bestimmt. Am ausgezeichnetsten wird die Stahlhüttenwirthschaft im Siegen'schen, in Steiermark, Krain, Kärnten und Tirol betrieben. Die vorzügliche Güte der Erze erleichtert die Herstellung und die gewissenhafte Befolgung der schon Jahrhunderte ausgeübten Darstellungsarten ist die Ursache der ziemlich gleichbleibenden Eigenschaften der verschiedenen Stahlsorten.

Das Spiegeleisen eignet sich eben so gut zum Schmiedeeisen wie zum Stahl, und es ist von dem Arbeiter abhängig, das Feuer so zu reguliren, daß Stahl oder Schmiedeeisen sich bildet. Zeigt nämlich das Roheisen in den gewöhnlichen Frischherden Neigung, beim ersten Einrennen eine dichte Luppe zu bilden, so ist dies ein Zeichen, daß Rohstahl sich bilden wird; in diesem Falle vermeidet es der Arbeiter, das Eisen wieder in die Höhe zu heben und es dem Luftstrome auszusetzen, wodurch sich Stabeisen bilden würde. Es ist nun leicht, die Stahlbildung durch eine schnelle Hebung der Form zu befördern und den Wind dadurch mehr von der eingeschmolzenen Masse abzuleiten. Der so erzielte Stahl heißt in Steiermark Sensenschmiedestahl, weil er zu Sensen, Sicheln, Strohmessern u. dgl. Schneideinstrumenten

gebraucht wird, welche keine stehende harte Schneide erfordern. Der zu dünnen Stäben ausgereckte Sensenschmiedestahl führt den Namen **Mock**. Beide — Sensenzeug und Mock — sind jedoch sehr eisenhaltiger Stahl, der wiederholte Schweißhitze nicht verträgt, ohne in Schmiedeeisen überzugehen. Abweichend von dem beschriebenen Verfahren ist die **Kärtner-** oder **Brescianstahlfrischerei**, welche das im Rohstahlfeuer (**Brescianhammer**) eingeschmolzene Roheisen in Scheiben (**Böden**) reißt, und diese dann in kleineren Partien zu Stahl frischt. Dieses Verfahren wird in der **Paal** (in Steiermark) mit einigen Abänderungen ausgeführt, weshalb man die Brescianstahlfrischerei auch in die eigentliche **Kärtner** und in die **Paaler** eintheilt. Ein Kärtner Feuer liefert wöchentlich 30—35 Ctr. Stahl; der Abgang beträgt 25 Proc.

§. 54.

Die im Handel am häufigsten vorkommenden Sorten steierischer und kärtner Rohstahl sind folgende: Der **rohe** oder **Mockstahl**, welcher theils für sich zu verschiedenen Waaren, z. B. zu Sensen verarbeitet, theils auf den Stahlhämmern zu Schienen gestreckt wird, welche die Namen **Scharsach-** oder **Tannenbaumstahl**, **Meißel-** oder **Kernstahl**, **Zweckschmiedstahl**, **Mittelzeug** u. s. w. führen. Die verschiedenen Sorten des Scharsachstahles sind alle mit Tannenbaum, Doppeladler, Innernberg, der Hammermarke und der Nummer bezeichnet. Der **Brescianstahl** (Fassel- oder Kistenstahl) hat seine Benennung daher, daß diese Stahlsorte zum Behufe der Waffen- und Dolchfabrikation aus Steiermark, Kärnten und Krain nach Oberitalien, zumal nach Brescia, versendet wird (quadratische Stäbe). Der **Azallonstahl** (azzalone di bianca, azzalone di machia) (flache Stäbe). **Einfacher Romanstahl** und zwar in seinen Unterabtheilungen: Romanstahl (□ R als Zeichen), 1 Zoll im Quadrat, 1—2 Fuß lang; Stückstahl 1½ Zoll im Quadrat und 12—18 Zoll lang; Zweidupfmock mit dem Zeichen ⁚; Dreidupfmock ⁝; Zweidupfstahl ⁚ FS oder flachgevierter Stahl ⅝ Zoll breit und ½ Zoll dick; Dreidupfstahl ⁝ TS ½ Zoll im Quadrat; kurzer Münzstahl ⁚ FS ⁚ 2 Fuß lang; langer Münzstahl ⁝ FS ⁝ ½ Zoll im Quadrat, 3 Fuß lang; raffinirter Romanstahl: raffinat kurzer Münzstahl oder Sechsdupfstahl ⠿ FS/G, raffinat langer Münzstahl oder Zwölfdupfstahl ⠿ FS/G ⠿.

§. 55.

Das Stahlpuddeln oder die Bereitung von Schmelzstahl (Puddelstahl) in Flammenöfen ist nach neuern Erfahrungen nicht geeignet, einen sich durch Qualität auszeichnenden, wol aber billigen und wohlfeilen Stahl zu erzeugen. Es ist die Aufgabe des Stahlpuddelns, nur einen Theil des im Roheisen enthaltenen Kohlenstoffs zu verbrennen, was wesentlich dadurch erreicht wird, daß der Luftzutritt in dem Augenblick unterbrochen wird, in welchem der noch vorhandene Kohlenstoff zur Bildung von Stahl noch hinreicht. Man benutzt den Puddelstahl weniger zu Schneidewaaren, Klingen, Sägen, Federn, Feilen rc., als vielmehr im ausgewalzten Zustande zu Stahlbeschlägen für Portefeuillearbeiten, zu ordinärem Stahlguß (Gußstahlglocken, Axen, Kurbeln rc.), zu Stahltyres rc. Zu Lohe im Siegen'schen verarbeitet man im Puddelofen 4200 Pfd. Rohstahleisen, woraus bei 9 Proc. Abgang beim Puddeln und 11 Proc. beim Ausschweißen 3360 Pfd. Puddelstahl erfolgen und zwar 75 Proc. erster und 25 Proc. zweiter Sorte.

Stahlerzeugung aus Schmiedeeisen.

§. 56.

Die Umwandelung des Schmiedeeisens in Stahl geschieht durch Glühen des Schmiedeeisens mit Kohle oder kohlehaltigen Substanzen bei Abschluß der atmosphärischen Luft. Das Product führt den Namen Cementstahl (Brennstahl, Blasenstahl, acier de cémentation, acier boursouflé, acier poule, *steel of cementation*, *blistered steel*).

Die Eigenschaft des Schmiedeeisens, durch Glühen mit kohligen Substanzen in verschlossenen Räumen hart und stahlähnlich zu werden, ist schon seit so langer Zeit bekannt, daß es kaum noch nachweisbar ist, wo und wann diese Eigenschaft zuerst im Großen Anwendung gefunden. Jedenfalls beschränkte man sich anfangs blos darauf, kleineren Gegenständen aus Eisen dadurch Härte zu ertheilen, bis man endlich die vollständige Ueberführung des Schmiedeeisens in Stahl auf diesem Wege versuchte. Als Reaumur im Jahr 1722 sein berühmtes Werk über die Stahlbereitung schrieb, hatte die Cementstahlfabrikation schon jenen Grad der Vollkommenheit erreicht, auf welchem wir sie heute erblicken, nur daß die Constructionen der Oefen, die Zusammensetzung der Kohlenpulver rc. sich später mehr und mehr vervollkommneten.

§. 57.

Das kohlehaltige Pulver wird Cementirpulver genannt, in welchem eine stickstoffhaltige, leicht sinterbare Kohle der Hauptbestandtheil ist; ist diese

Kohle zu gleicher Zeit phosphorhaltig, so erhält die Stahloberfläche besonders günstige Eigenschaften. Materialien, welche diesen Zweck erfüllen, sind: Glanzruß, Kohle von Leder, Horn, Klauen rc., Vogelexcremente, Bohrspäne von grauem Roheisen rc. Die älteren Cementirpulver bestehen aus Kohlenpulver, Asche und Kochsalz, Clouet wendete ein Gemenge von gleichen Theilen Graphit und Kalkstein an, Schafhäutl empfiehlt eine Mengung von 4 Th. Birkenkohle, 3 Th. Glanzruß und 1 Th. Lederkohle. Dasjenige Cementirpulver, welches schon von Reaumur als das beste erkannt wurde, besteht aus 2 Th. Ruß, 1 Th. Kohlenpulver, 1 Th. Asche und 1/2 Th. Kochsalz. Es scheint aus neueren Untersuchungen von W. Stein u. A. hervorzugehen, daß das Cyan (C_2N) als Träger des Kohlenstoffs bei der Cementstahlbildung angesehen werden muß; in der That liefert auch Thierkohle ein weit wirksameres Cementirpulver als Holzkohle, da sich aus dem Stickstoff der Thierkohle sogleich Cyan bildet, welches mit dem Eisen zu Cyaneisen zusammentritt. Letzteres wird zersetzt in Kohleeisen (in diesem Falle Stahl) und in Stickstoffgas, welches entweicht und dadurch die Blasenbildung (Blasenstahl) verursacht. Hierdurch erklärt es sich, warum Cementirpulver nach mehrmaligem Gebrauche untauglich wird. Die Stahlbildung wird befördert, wenn die zur Bildung von Cyankalien nöthigen Bedingungen erfüllt werden, und darum ist es rationell, wie schon Reaumur auf empirischem Wege ermittelt hat, der Holzkohle Holzasche beizumengen. Es soll indessen auch Fälle geben, in welchen Eisen in Stahl überzugehen im Stande ist, ohne daß die Bedingungen zur Cyanbildung geboten wären; so soll sich nach Lucas Cementstahl durch Glühen von Schmiedeeisen mit Eisenhammerschlag oder Eisenerzen, Kohle und Braunstein bilden.

Anstatt das Schmiedeeisen durch Glühen mit Kohle in Stahl zu verwandeln, ist von Colquhoun, Vismara, Macintosh u. A. vorgeschlagen worden, einen langsam bewegten Strom von Steinkohlengas über erhitztes Eisen zu leiten. Diese Cementation hat jedoch keinen allgemeinen Eingang gefunden.

§. 58.

Die Cementirkästen (caisses, *troughs*) sind 8—12 Fuß lang, 26—28 Zoll breit und 28—36 Zoll hoch und aus feuerfesten Steinen (Sandplatten) zusammengesetzt. Bei dem zu Cementstahl anzuwendenden Schmiedeeisen ist nicht allein die innere Beschaffenheit, sondern auch die äußere Gestalt zu berücksichtigen. Das harte körnige, aber dabei feste und vollkommen zähe Eisen ist dem weichen und zähen vorzuziehen. Ebenso hat das aus manganhaltigen Erzen erzeugte Schmiedeeisen den Vorzug. Beim Besetzen der Kästen wird zuerst eine etwa zwei Zoll hohe Schicht Cementirpulver gleich-

förmig ausgebreitet und fest zusammengedrückt. Dann werden die Eisenstäbe auf der hohen Kante neben einander hingestellt, so daß zwischen der ersten Stange und den Wänden des Kastens ein Zwischenraum von 1 Zoll und zwischen den Stäben selbst ein Zwischenraum von $^1/_4$—$^1/_2$ Zoll bleibt. Darauf kommt wieder eine $^1/_2$—$^3/_4$ Zoll starke Schicht von Cementirpulver, darauf wieder Eisenstäbe und so fährt man mit abwechselnden Schichten fort, bis der Kasten ziemlich angefüllt ist. Zuletzt bringt man auf die Kohlenlage eine Schicht unschmelzbaren, angefeuchteten Sand. Die Cementirkästen stehen auf dem Herde eines Flammenofens (Cementirofen, Stahlofen, fourneau à cémenter, *cementing-furnace*) auf Unterlagen so, daß die Flamme auch unter dem Boden durchstreichen kann. Durch eine während des Betriebes zugemauerte Oeffnung an den kurzen Seiten des Ofens kann der Arbeiter in denselben gelangen, um die Stäbe in die Kästen zu legen und sie wieder herauszunehmen. Der Ofen wird allmälig angefeuert, er darf erst binnen 24 Stunden die zum Cementiren erforderliche Temperatur erreichen, welche möglichst gleichförmig unterhalten werden muß. Die Dauer des Brandes richtet sich nach dem Brennmaterial, der Größe des Ofens, der Stärke der Stäbe 2c. Um sicher zu gehen, setzt man Probestangen (éprouvettes) in die Kästen ein, welche durch besondere Oeffnungen gezogen werden können. Das Fortschreiten der Cementation läßt sich auf der frischen Bruchfläche deutlich wahrnehmen. Zuerst beginnt die Stahlbildung an der Oberfläche und pflanzt sich bis zum Mittelpunkte fort, der oft noch eine eisenartige Textur und eine bläuliche Eisenfarbe haben kann, wenn die äußere Schicht schon längst in Stahl übergegangen ist. Wenn von einem Eisenkerne nichts mehr wahrzunehmen ist, wird mit dem Nachfeuern eingehalten. In kleineren Oefen kann ein Brand schon in 4 Tagen beendigt sein, wogegen in größeren Oefen 10—12 Tage erforderlich sind. In Yorkshire dauert bei einem Einsatze von 350 Ctr. der Proceß 5 9, in der Regel 7 Tage. Während der Dauer des Brandes sinkt die Cementmasse in dem Cementkasten etwas zusammen. Nach vollendetem Brennen kühlt der Ofen mehrere Tage lang ab, darauf öffnet man nach und nach die Zugänge und entleert ihn. Die Stahlstäbe sind überall mit Blasen bedeckt, welche um so größer sind, je undichter und je weicher das Eisen war. Hartes, zähes und festes Eisen giebt weniger und kleinere Blasen. Wegen der Eigenschaft des Cementstahls, beständig Blasen zu zeigen, nennt man ihn im rohen, nicht raffinirten Zustande Blasenstahl. Früher führte er den Namen Hühnerstahl. War das angewendete Schmiedeeisen von guter Qualität und von allem Glühspan frei und völlig ausgefrischt, so beträgt die Gewichtszunahme während des Cementirens $^1/_{200}$—$^1/_{120}$ seines ursprünglichen Gewichtes. In England rechnet man 0,75 Proc. Gewichts-

zunahme, wenn vorzüglich gutes und zähes Eisen angewendet wurde. War dies nicht der Fall, so erleidet das Gewicht des Schmiedeeisens, indem es in Cementstahl übergeht, keine Veränderung.

Um dem Cementstahl eine möglichst gleichartige Beschaffenheit zu ertheilen, hat man, anstatt ihn auf einmal allen Kohlenstoff absorbiren zu lassen, die Operation des Cementirens in mehrere einzelne vertheilt und nach jeder Operation den Stahl wieder ausgeschmiedet. Dieser doppelt cementirte Stahl wurde unter dem Namen Spornstahl in den Handel gebracht.

§. 59.

Eine Art von Cementation ist die Einsatz- oder Oberflächenhärtung (Einsetzen, trempe en paquet), bei welcher Schmiedeeisen nur auf der Oberfläche in Stahl verwandelt wird. Man wendet sie bei schon fertigen Gegenständen aus Schmiedeeisen an, denen man dadurch größere Härte, stärkeren Glanz oder höhere Politur ertheilen will. Zu diesem Zwecke werden die Gegenstände (Knöpfe, Nähnadeln, Kettenglieder) in Blechbüchsen mit Cementirpulver geschichtet, stark durchglüht und noch glühend im Wasser abgelöscht. Zu dem Cementirpulver nimmt man auch hier cyanbildende Substanzen (Kohle von Leder, Horn, Klauen mit Pottasche, Kochsalz ꝛc.). Gelbes Blutlaugensalz (blausaures Eisenoxydul-Kali, Ferrocyankalium) wird gleichfalls zur Oberflächenhärtung bei Feilen, Raspeln ꝛc. benutzt; indem man dasselbe im gepulverten Zustande auf das rothglühende Eisen streut, giebt es bei seiner Zersetzung einen Theil seines Kohlenstoffs an das Eisen ab. Auch überzieht man die Gegenstände kalt mit einem Brei von Lederkohle, Glanzruß, Knochenkohle, Milch, Bierhefe oder Harn, trocknet den Ueberzug schnell und löscht sie senkrecht in kaltem Wasser ab. Eine Stahloberfläche läßt sich auch dadurch erzeugen, daß man den weißglühenden Eisengegenstand in Feilspäne von grauem Roheisen steckt und einige Zeit darin herumdreht, oder es einige Augenblicke lang in geschmolzenes Roheisen taucht und es sodann auf einen Moment unter Wasser bringt, so daß es beim Herausnehmen noch rothglühend ist. Nach Payen soll auch Borar die Eigenschaft besitzen, auf ähnliche Weise wie das Blutlaugensalz angewendet, das Schmiedeeisen oberflächlich zu härten.

Stahlerzeugung durch Zusammenschmelzen von Roheisen und Schmiedeeisen.

§. 60.

Es läßt sich Stahl auch durch Zusammenschmelzen von Spiegeleisen und Schmiedeeisen darstellen. Die Zähigkeit, Härte und Schweißbarkeit des so

erhaltenen Stahles sind von der Quantität des zugesetzten Schmiedeeisens abhängig. Es ist diese Rohstahlfabrikation auf die Schratschmiede (vergl. Seite 65) zurückzuführen.

Verarbeitung des Roh- und Cementstahls.

§. 61.

Rohstahl sowol als Cementstahl sind in dem Zustande, wie sie aus den Stahlhütten hervorgehen, unvollkommene Producte, die stets Gemenge sind von weicheren (kohlenstoffärmeren) Theilen mit härteren (kohlenstoffreicheren). Wegen dieser Ungleichheit lassen sich beide Stahlsorten im rohen Zustande nur selten ohne Weiteres anwenden. Aus diesem Grund wird der Stahl verfeinert, dies geschieht entweder durch Gärben (Raffiniren) oder durch Umschmelzen.

Gerbstahl. Der durch Gerben (gärben, gar machen, raffiniren, corroyer, raffiner, *refining*) dargestellte Stahl heißt Gerbestahl, Bündelstahl, gegerbter oder raffinirter Stahl (acier corroyé, acier raffiné, *refined steel, fagotted steel,*) auch wol, weil er zur Verfertigung der Tuch- und Schafscheeren verwendet wird: Scheerenstahl (*shear steel*). Durch das Gerben soll der Stahl gleichartiger werden, er verliert dadurch seine zu große Härte auf einigen, und seine zu große Weichheit auf anderen Stellen; er gewinnt dadurch an Stärke und Elasticität. Je gleichartiger der Roh- oder Cementstahl ursprünglich war und je weniger ein wiederholtes Gerben nöthig ist, desto vorzüglicher ist der Stahl zu nennen, weil er desto weniger von seiner Stahlnatur verliert.

Das Gerben wird auf die Weise ausgeführt, daß man die aus der Rohstahl- oder Cementirhütte kommenden Stahlstäbe zu dünnen flachen Stäben (das Plätten oder Schienen der Stäbe) ausreckt, sie in kaltem Wasser härtet und je sechs Stäbe zu einem Bündel (Garbe, Zange, *faggot*) zusammenlegt (das Setzen der Garbe) und dieses der Weißglühhitze aussetzt. Der weißglühende Stahl wird hierauf mit Thonpulver bestreut, damit die auf der Oberfläche sich bildende Schlacke das Eisen vor Oxydation und den Kohlenstoff vor Verbrennung bewahre. Ist die Garbe weißglühend und hinlänglich weich, so wird sie unter dem Hammer zu $1^1/_2$ quadratzölligen Stangen ausgereckt. Soll der Stahl nochmals raffinirt werden, so wird die einmal gegerbte Garbe in der Mitte durchhauen, umgebogen, die beiden Theile wieder zusammengeschweißt und dann zu einer Stange ausgereckt. Dieselbe Operation wird oft drei- bis viermal, ja öfter noch wiederholt. Man giebt dem gegerbten Stahl auf einigen Hütten besondere Namen; in den meisten Gegenden jedoch benennt man ihn nach der Anzahl der Gerbungen 1, 2

und 3mal raffinirten Stahl, und je öfter er raffinirt worden, desto höher steht er im Preise. In England läßt man die Cementstahlstangen durch die Cannelirungen eines Walzwerkes gehen. Der gegerbte Stahl hat verschiedene Eigenschaften, je nachdem er unter dem Hammer oder unter dem Walzwerke behandelt worden ist: der gewalzte Stahl besitzt große Elasticität, verbunden mit bedeutender Widerstandsfähigkeit, wenn der Gegenstand abwechselnde Biegungen nach der Richtung seiner Dicke auszuhalten hat (wie es z. B. von Wagenfedern verlangt wird), der gehämmerte Stahl dagegen besitzt bei größerer Gleichförmigkeit und Dichte eine größere Widerstandsfähigkeit nach allen Richtungen. Das Gerben eignet sich besser für den Rohstahl, als für den Cementstahl. Der Abgang beim Gerben beträgt beim jedesmaligen Raffiniren 7—12 Proc.; der Verbrauch an Brennstoff beträgt auf 100 Pfd. Gerbstahl 3—3$^1/_2$ Kubikfuß Steinkohlen.

Gußstahl.

§. 62.

Alle bis jetzt angeführten Stahlsorten zeigen ungeachtet der sorgfältigsten Gerbung bei ihrer Verwendung zu Gegenständen, welche hohe und gleichförmige Politur annehmen und nach dem Härten sich nicht im mindesten verziehen sollen, unüberwindliche Schwierigkeiten, besonders dann, wenn der Stahl zu Axen für Uhren und für astronomische Instrumente verwendet werden soll. Die häufig wahrgenommene Unbrauchbarkeit derartiger mit Sorgfalt gearbeiteter Gegenstände, deren Fehler in der Regel erst sichtbar werden, wenn sie fast vollendet sind, brachte den englischen Uhrmacher Benjamin Huntsmann auf den Gedanken, dem Cementstahl durch Schmelzen die erforderliche Gleichförmigkeit zu geben. Nach Besiegung manchfacher Schwierigkeiten gelangen die Versuche so gut, daß er im Jahre 1740 zu Handsworth bei Sheffield (Yorkshire) die erste Gußstahlfabrik errichtete, die später nach Attercliffe verlegt wurde und noch gegenwärtig besteht. Stahl aus dieser Fabrik führte den Namen Huntmann's Stahl. Ein anderes Etablissement in Greenside lieferte den Marshall-Stahl. Bis in das gegenwärtige Jahrhundert hinein hatten die englischen Gußstahlfabrikanten auf der einen Seite mit der Hervorbringung der erforderlichen Temperatur, auf der anderen Seite mit dem Vorurtheil der Consumenten zu kämpfen, bis sich ergab, daß der durch Umschmelzen erhaltene Stahl gleichförmiger und besser sei, als der bisher aus Deutschland bezogene Gerbstahl. In Ostindien scheint die Gußstahlbereitung schon lange Zeit ausgeübt worden zu sein.

Es läßt sich der Gußstahl (acier fondu, *cast-steel*) auf zweierlei

Weise darstellen, einmal durch Verschmelzen von Stahl, das andere Mal durch Zusammenschmelzen von Schmiedeeisen mit Kohlenstoff.

§. 63.

Zur Gußstahlfabrikation nach der ersten Methode eignen sich sowol Rohstahl, als Cementstahl. Die Qualität des herzustellenden Gußstahls ist von der Beschaffenheit des anzuwendenden Roh- und Cementstahls abhängig, nur wird der Gußstahl weit gleichartiger und bei gleicher Härte weit fester und dichter sein, als er es vor dem Verschmelzen war. Ob der zu erhaltende Gußstahl schweißbar sein wird, oder nicht, hängt von dem Kohlengehalt ab; je kohlenstoffreicher er ist, desto schwieriger läßt er sich schweißen. Für sehr harten Gußstahl bedarf es zuweilen eines geringen Zusatzes von weißem Roheisen. Das Schmelzen geschieht in Tiegeln und zwar auf ähnliche Art, wie die Verschmelzung des Roheisens beim Tiegelguß, nur ist die erforderliche Temperatur eine weit höhere. Man benützt zweierlei Arten von Oefen: nämlich entweder gewöhnliche Tiegelöfen, bei denen der Tiegel unmittelbar mit glühenden Kohlen umgeben ist, oder nach Art der Glasöfen construirte Oefen. Die Tiegel werden aus feuerfestem Thon oder aus Graphit verfertigt. Es werden darin ungefähr 40 Pfd. Stahl in fünf Stunden geschmolzen. Der geschmolzene Stahl füllt den Tiegel etwas weiter als zur Hälfte aus. Die Tiegel werden einfach mit einem Thondeckel verschlossen und halten in der Regel drei Schmelzungen aus. Der geschmolzene Stahl wird in eiserne Formen (lingotières, *moulds*) welche gewöhnlich vier- oder achteckig sind, und aus zwei Stücken bestehen, die auseinander genommen werden können, ausgegossen. Die Stahlbarren haben das Ansehen von vier- oder achtkantigen Stäben, welche ausgeschmiedet und weiter bearbeitet werden. Früher wurde der Fluß, mit welchem man den Stahl während des Schmelzens bedeckt, von den Stahlschmelzern geheim gehalten; es ist indessen einleuchtend, daß der Fluß so beschaffen sein muß, daß er an den Stahl weder etwas abgiebt, noch demselben Kohle entzieht. Gewöhnliches Glas, welches zur Beförderung des Flusses mit etwas Borax versetzt ist, wird daher die beste Decke sein. Da der Fluß beim Ausgießen des Metalles in die Formen hinderlich sein kann, so läßt man ihn auch ohne Nachtheil weg, sobald die Tiegel durch die Deckel gehörig verschlossen und dadurch gegen das Hineinfallen von Kohlen gesichert sind. Der Gußstahl hat auf dem feinkörnigen Bruche eine graue Farbe ohne bläulichen Reflex, und zeigt viel kleine Höhlungen mit irisirender Oberfläche. Um den Stahl gleichartig zu machen, werden die Barren angewärmt und unter Walzen gesteckt (raffinirter Gußstahl). Solcher Stahl übertrifft den durch zweimaliges Gerben aus demselben Eisen dargestellten Cement-

stahl. In neuerer Zeit ist es Fr. Krupp in Essen gelungen, Gußstahl in großen und durchaus gleichförmigen Stücken von 50 Ctnr. und darüber darzustellen, wodurch dem Stahl in viele Industriezweige, in denen man sich bisher mit einem geringern Material begnügte, Eingang verschafft wird. Man verwendet jetzt den Gußstahl zu Kanonen, Wagenaxen, Walzen, Patentreifen, Glocken ꝛc.

§. 64.

Wie schon erwähnt, läßt sich auch durch directes Zusammenschmelzen von Schmiedeeisen mit Kohlenstaub Gußstahl herstellen. Ebenso kann Eisenoxydul durch Kohle reducirt und in Stahl verwandelt werden. Bréant hat in neuerer Zeit gezeigt, daß, wenn Schmiedeeisen mit 2 Proc. Ruß in bedeckten Tiegeln geschmolzen wird, Gußstahl von damascirtem Ansehen sich bilde. Die Unsicherheit der Erfolge trug die Schuld, daß diese Methode nicht im Großen ausgeführt wurde. Ein gänzlich neues Princip der Stahlbildung ist von Chenot in der neuesten Zeit befolgt worden. Es werden nach demselben die Eisenerze durch Kohlenoxydgas reducirt; sind die Erze nicht der Art, daß sie ein Metall von der gewünschten Qualität und Schmelzbarkeit liefern, so wird der erhaltene Schwamm pulverisirt; im entgegengesetzten Falle benutzt man die poröse Beschaffenheit des Schwammes, um ihm die erforderliche Kohle zur Stahlbildung beizumischen. Zu diesem Behufe wird der Schwamm in eine Fettmischung getaucht, die man durch trockene Destillation zerstört. Dieser Schwamm läßt sich auch zusammenpressen, dadurch wird ein neuer Industriezweig geschaffen, nämlich die Fabrikation von Artikeln, welche direkt aus Eisen oder Stahl geformt sind.

§. 65.

So vorzüglichen Stahl man auch durch einfache Verbindung des Eisens mit Kohlenstoff erhält, so kann doch selbst ein guter Stahl noch verbessert werden, dadurch daß man ihn mit kleinen Mengen gewisser anderer Metalle legirt, so z. B. mit Silber, Platin, Chrom, Silicium ꝛc. Der Silberstahl (*silver-steel, silver-combined steel*) enthält 0,2 Proc. Silber. Fischer in Schaffhausen nahm im Jahre 1825 ein Patent auf eine Legirung des Stahls mit dem Nickel, die er Meteorstahl nannte, weil sich im Meteoreisen immer Nickel findet. Nach einem englischen Patente wird der Meteorstahl auf folgende Weise erhalten: 4 Th. Nickel, 1 Th. Silber und 24 Th. Zink werden unter Kohlenpulver in einem Graphittiegel geschmolzen und in kaltes Wasser ausgegossen; von dieser Legirung wird 1 Th. mit 48 Thln. Cementstahl zusammengeschmolzen und noch $^3/_4$ Th. Chromeisenstein, mit Kohlenpulver gemengt, zugesetzt; als Fluß wird ein Gemenge aus gleichen

Theilen ungelösten Kalk und Porcellanthon angewendet. Diese Legirungen scheinen jedoch ihre Güte weniger den Beimischungen von Nickel, Silber u. s. w., als vielmehr dem bei ihrer Herstellung stattfindenden Verschmelzen zu verdanken. Ueber die Darstellung des in Ostindien seit undenklichen Zeiten fabrizirten Wootz (*indian steel*, *wootz*) haben Buchanan und Heyne nähere Nachrichten ertheilt. Dieser indische Stahl wird nur in kleinen Quantitäten in einem sehr einfach gebauten Stückofen erzeugt, in welchem gegen 15 kleine Tiegel eingesetzt werden, deren jeder 20—28 Loth zerstücktes Eisen aus Magneteisenstein erblasen, enthält, denen 10 Proc. geschnittenes Holz der *Cassia auriculata* beigemengt sind; die mit Blättern der *Asclepias gigantea* bedeckten Tiegel werden mit feuchtem Thon verstrichen und in einem Ofen bei möglichst niederer Temperatur ungefähr $2^1/_2$—4 Stunden lang erhitzt. Der Wootz zeichnet sich nach dem Ablöschen durch große Härte aus und eignet sich zu feinen Messern. Es giebt verschiedene Methoden, den Wootz nachzuahmen, welche jedoch fast alle auf Herstellung eines aluminiumhaltigen Stahles hinauslaufen.

Damascirter Stahl.

§. 66.

Damascirter Stahl (Damascener Stahl, acier damassé, *damascus steel*) ist keine eigenthümliche Stahlart, sondern ein ungleichartiges Gemenge innig miteinander verschweißter Stahlstücken, welche, wenn seine Oberfläche mit verdünnten Säuren geätzt wird, hellere und dunklere Adern, die sehr schön mit einander abwechseln und verschlungene Linien bilden, zeigen. Man nennt dies den Damask oder die Damascirung (damas). Die besten Damascenerklingen wurden von jeher in Damaskus in Syrien angefertigt, doch der Stahl hiezu aus Kabul in Afghanistan bezogen. Die Zeichnungen dieser Klingen sind äußerst zart, die Linien höchst manchfach gewellt und schön verschlungen, doch nicht bestimmt begrenzt, so daß die Zeichnungen wie hingehaucht erscheinen. Gegenwärtig beziehen die Waffenschmiede zu Damaskus den Stahl aus Dekan und die Perser einen ähnlichen aus Golkonda in Vorderindien. Der damascirte Stahl ist in der That nichts als ein kohlereicher Gußstahl, in welchem durch zweckmäßig geleitete Abkühlung die Absonderung verschiedenen Kohleeisens stattgefunden hat, welche Absonderung beim Aetzen mit Säuren deutlich hervortritt, indem in den von den Säuren angegriffenen Theilen der Kohlenstoff blosgelegt wird, während die anderen, weniger angegriffenen Theile heller erscheinen. Nicht zu verwechseln mit dem damascirten Stahl ist ein im Orient gefertigter gegerbter Stahl,

künstlicher Damast, gegerbter Damask (étoffe d'acier, damas corroyé), welcher jedoch nicht, wie man fälschlich glaubt, zu Säbel- und Dolchklingen, sondern bloß zur Bedeckung oder Umhüllung der eigentlichen Stahlklingen, zu Harnischen, zur Verfertigung von Flinten- und Pistolenläufen, um diese zu verzieren, und ihnen eine wellige geblümte Oberfläche zu geben, gebraucht wird. Die Darstellung des gegerbten Damastes hat in Europa zuerst Clouet zu Mezières im Jahre 1790 gelehrt. Das anzuwendende Eisen muß von bester Qualität sein, auch für schneidende Waffen, wo die Eisenschienen am besten weggelassen werden, sollen alle Stahlsorten, die man zusammenschweißen will, gut gegerbt sein; sie werden am zweckmäßigsten von verschiedener Härte herab bis zum Federstahl gewählt. Um einen schönen Damast zu erzeugen, wendet Clouet einen Stab, aus mindestens 30 zusammengeschweißten Stahlschienen bestehend, an. Man legt zuerst 10 — 12 Schienen übereinander, so daß sie eine Garbe bilden, welche im Holzkohlenfeuer geschweißt wird. Die geschweißte Garbe wird eben gehämmert, in drei Stücke geschnitten und diese wieder zusammengeschweißt, dadurch erhält man einen aus 30—36 Schienen bestehenden Stab. Clouet schweißt ferner Stäbe und Schienen auf verschiedene Weise zu Stäben zusammen, die auf ihrem Querschnitte alle möglichen Dessins geben und zur Hervorbringung der schönsten Mosaik (Clouets Mosaik) dienen können. Nach einer andern Methode Clouet's Figuren auf den Garben hervorzubringen, werden die Figuren mittelst eines Grabstichels in die breite Oberfläche der aus parallelen Schienen bestehenden Garben eingegraben und die Schiene rothglühend unter dem Hammer ausgeschmiedet, bis sie wieder eben wird; dadurch werden die durch den Grabstichel verursachten Höhlungen ausgefüllt und statt dieser Höhlungen auf der Oberfläche Linien ꝛc. erzeugt. Auf letzteres Verfahren Clouet's gründete der Italiener Crinelli seine sinnreiche Methode, damascirte Zeichnungen hervorzubringen. Er feilt über die Flächen einer aus parallelen Lagen bestehenden Schiene halbrunde Rinnen ein, welche so stehen müssen, daß jede Rinne der oberen Fläche einem Zwischenraum der unteren Fläche entgegengesetzt ist, so daß zuletzt ein schlangenförmiger Stab entsteht, welcher mittelst eines Flachhammers gerade und eben geschmiedet wird, wodurch alle von der Feile nicht durchschnittenen Schichten eine wellenförmige Krümmung annehmen; auf den Flächen entstehen durch das Aetzen mit Säuren elliptische, den gefeilten Rinnen entsprechende Figuren. Crinelli nennt diesen Damast Rosettendamast. Nach einem andern Verfahren bearbeitet Crinelli den rothglühenden Stahl mit einem Schmiedegesenke, in welches verschiedene Figuren eingegraben sind und das so einen Prägstock vorstellt, bis die Figuren erhaben auf der Oberfläche erscheinen. Man feilt sie dann

wieder hinweg: nach dem Aetzen erhält man dieselbe Zeichnung mit feinen Linien ausgeführt. Nach einer dritten Methode Crinelli's kommen die Fasern des Eisens rechtwinklig auf die Fasern des Stahls zu liegen, durchkreuzen sie also, und versenken sich außerdem während des Schmiedens zum Theil in die Stahlmasse. Zu dem Ende werden die Stahlschienen, durch deren Zusammenschweißen die Garbe entstehen soll, mit Eisendraht von gleicher Dicke mit dem Stahlbleche umwickelt. Dann drückt man durch Hämmern in der Rothglühhitze den Draht zum Theil in den Stahl hinein. Von diesen mit Eisen vereinten Stahlblechen werden 18—20 von 3—8 Zoll Länge auf einander gelegt, mit Draht umwickelt, zusammengeschweißt und zu einem Stab ausgestreckt. Dieser Stab wird in 7 Th. geschnitten, die Theile werden wieder aufeinander geschweißt, wodurch man eine Stange erhält, welche jetzt aus 7mal 20 d. i. 140 Blättern besteht.

Das Kupfer.

§. 67.

Das Kupfer (cuivre, *copper*), im Alterthum häufig Erz genannt, wurde schon in den ältesten Zeiten häufig angewendet. Wenn man auch über den Zeitpunkt, in welchem das Eisen zuerst in Gebrauch kam, noch in Ungewißheit sich befindet, so ist dieß doch in Betreff des Kupfers nicht der Fall. Schon Moses erwähnt, daß Tubalkain im Bearbeiten des Erzes geschickt gewesen sei, daß, als er im fünften Buch von dem verheißenen Lande spricht, in den Gebirgen dieses Landes sich Kupferminen finden sollen. In der That ist auch das Kupfer allen seinen Eigenschaften zufolge dasjenige Metall, welches vorzugsweise frühe bearbeitet werden konnte, da es im gediegenen Zustande vorkommt und hämmer- und dehnbar ist. Auch waren in dem Alterthume viele Gegenstände von Kupfer und Erz, welche später, als die Gewinnung und Bearbeitung des Eisens Wurzel faßte, aus Eisen hergestellt wurden; so schildert Homer die Helden des trojanischen Krieges als mit ehernen Waffen ausgerüstet, und selbst für Geräthschaften zu gewerblichen und landwirthschaftlichen Zwecken scheint Kupfer oder eine Legirung desselben, und nicht Eisen das übliche Material gewesen zu sein.

Nächst dem Eisen ist unstreitig das Kupfer das unentbehrlichste Metall. Seine große Zähigkeit, Dehnbarkeit und Geschmeidigkeit, verbunden mit einem Grade von Härte, daß es der Abnutzung widersteht, ohne sich schwierig bearbeiten zu lassen, seine Eigenschaft ferner, an der feuchten Atmosphäre und in Berührung mit vielen Säuren unverändert zu bleiben, sein Schmelzpunkt, der ein Schmelzen bei den gewöhnlichen Anwendungen der Technik und der Haus-

wirthschaft nicht befürchten läßt, ohne so hart zu sein, daß der Bearbeitung des Kupfers Schwierigkeiten in den Weg ständen, machen das Kupfer zu einem für die Industrie unersetzlichen Metalle, das wohl kaum in dem Maße, als es im Laufe des vorigen und des gegenwärtigen Jahrhunderts geschehen ist, durch das Eisen und neuerdings auch durch das Zink verdrängt worden wäre, wenn das Kupfer nicht zu den theureren Metallen gezählt werden müßte.

Eigenschaften des Kupfers.

§. 68.

Das Kupfer zeichnet sich durch seine bekannte rothe Farbe aus, ist stark glänzend und obgleich ziemlich hart, doch so dehnbar, daß es sich zu den feinsten Drähten ziehen und zu dünnen Blättchen schlagen läßt. Es hat einen hakigen, körnigen Bruch, ein spec. Gew. von 8,9 (ein Kubikfuß Kupfer wiegt 456 — 476 Pfund) und schmilzt bei einer Temperatur von 1090° (etwas leichter als Gold, etwas schwerer als Silber). Reines Kupfer fließt in dünnen, schnell erstarrenden Strömen, das mit Oxydul verunreinigte fließt träge, erstarrt langsamer und stets in dicken Massen. Das geschmolzene Kupfer hat eine eigenthümliche meergrüne Farbe. Zu Gußwaaren eignet sich das Kupfer nicht, indem es, vermuthlich wenn es zu heiß gegossen wird, nur poröse und blasige Güsse liefert. Beim Erkalten dehnt es sich scheinbar (es steiget) aus d. h. es scheint nach dem Erstarren einen größern Raum einzunehmen, als im geschmolzenen Zustande. Durch dieses Ausdehnen wird das Kupfer zur Bearbeitung unter dem Hammer und dem Walzwerk unbrauchbar, weil der Zusammenhang der Masse auf mechanische Weise, durch krystallinische Gefüge und durch Höhlungen und Zwischenräume, welche im Innern der Masse sich bilden, unterbrochen wird. Damit das Ausdehnen oder Steigen des Kupfers nicht stattfinde, ist es unerläßlich, das flüssige Metall bis zu einer gewissen Temperatur sich abkühlen zu lassen und es dann in Formen zu gießen, damit es schnell erstarre. Zink, Blei (etwa 0,1 Proc.), Kalium und andere Metalle entziehen dem Kupfer die Eigenschaft, zu steigen. Auch eine gewisse Quantität beigemengtes Kupferoxydul verhindert das Steigen des Kupfers in den Formen, doch läßt sich diese Eigenschaft in der Praxis nicht anwenden, weil Kupferoxydul das Kupfer kaltbrüchig macht. Reines Kupfer zeigt vor dem Erstarren die Eigenschaft des Kupferregens oder des Spratzens, d. h. es werden, noch ehe die Erstarrung auf der Oberfläche eintritt, Kupferkügelchen (Streu- und Sprützkupfer) als ein feiner und oft sehr dichter Regen mit großer Gewalt in die Höhe geschleudert. Bei höherer Temperatur und bei Luftzutritt verbrennt das Kupfer mit schöner grüner Flamme. An

der feuchten Luft überzieht es sich nach und nach mit kohlensaurem Kupferoxydhydrat (sogenanntem Grünspan). Im Feuer bei Luftzutritt nimmt es anfangs Regenbogenfarben an, später überzieht es sich mit einer braunrothen Rinde von Kupferoxydul, welche nach und nach eine schwarze Farbe annimmt und beim Ablöschen des glühenden Metalls in Wasser, oder beim Hämmern und Biegen in Schuppen abfällt (Kupferasche, Kupferhammerschlag, cendres de cuivre, paille de cuivre, *copper-ashes, copper-scales*). In dem Zustande, in welchem das Kupfer durch den Schmelzproceß auf den Kupferhütten gewöhnlich dargestellt wird, ist es mit anderen Metallen, vorzüglich mit Eisen, Antimon, Arsenik, in einigen Fällen vorzugsweise mit Blei, in anderen mit Zinn, zuweilen auch mit Zink, und fast stets mit Schwefel verunreinigt. In diesem Zustande besitzt es bei jeder Temperatur einen so geringen Grad von Festigkeit, daß es sich durch Hämmern und Walzwerke nicht bearbeiten läßt. Selbst zu Gußwaaren (zu Statuenguß) ist dieses unreine Kupfer nicht geeignet, theils weil ihm die Kupferfarbe abgeht, theils weil es den Einflüssen der Atmosphäre nicht widerstehen kann.

Kupfererze.

§. 69.

Zu den Verbindungen, welche vorzugsweise als Material zur Kupfergewinnung im Großen Anwendung finden, gehören außer dem gediegenen Kupfer (cuivre natif, *native copper*):

1) der Kupferglanz (Kupferglaserz, cuivre sulfuré, *sulphuret of copper*), $Cu_2\,S$ mit 79,7 Proc. Kupfergehalt, gehört zu den seltener vorkommenden Kupfererzen und enthält häufig kleine Beimischungen von Schwefelsilber;

2) der Kupferkies (Gelbkupfererz, Gelberz, cuivre pyriteux, pyrite cuivreuse, *copper pyrites, copper ore*), $Fe_2\,S_3 + Cu_2\,S$, enthält 34,8 Proc. Kupfer und gehört zu den sehr verbreiteten und wichtigsten Kupfererzen. Es findet sich häufig mit Schwefelkies und andern Erzen; wenn es von letztern nicht mechanisch zu trennen ist, so greifen die zur Kupfergewinnung dienenden Processe auf verschiedene Weise in andere Hüttenprocesse ein. Zuweilen enthält der Kupferkies Gold, häufiger Silber;

3) das Buntkupfererz (cuivre panaché, *variegated copper ore, purple copper*), $Fe_2\,S_3 + 3\,Cu_2\,S$ mit 55,7 Proc. Kupfergehalt, ist nächst dem Kupferkies dasjenige Kupfererz, welches am häufigsten verschmolzen wird; es kommt stets in Begleitung von Kupferkies und mit anderen Kupfererzen vor;

4) das Fahlerz (cuivre gris, *grey copper ore, black copper ore*) ($Sb\,S_3$, $As\,S_3$), 4 ($Cu_2\,S$, $Ag\,S$, $Fe\,S$, $Zn\,S$, $Hg\,S$) mit 14 – 41 Proc. Kupfergehalt. Das Fahlerz ist wichtig für die Kupfer- und Silbergewinnung. Die Natur seiner Zusammensetzung giebt aber gewöhnlich zu complicirten Hüttenprocessen Veranlassung;

5) das Rothkupfererz (cuivre oxidé rouge, *red copper ore*) mit 88,5 Proc. Kupfergehalt; es führt den Namen Ziegelerz (Kupferbraun, Kupferpecherz, cuivre oxydulé ferrifère, *tile-ore*), wenn es mit Eisenocker innig gemengt vorkommt. Der Kupfergehalt des Ziegelerzes ist sehr verschieden;

6) der Malachit (cuivre carbonaté vert, *green copper-ore*), $Cu\,O$, $CO_2 + Cu\,O$, HO mit 57,4 Proc. Kupfergehalt;

7) die Kupferlasur (cuivre carbonaté bleu, azur de cuivre, *azure copper-ore*), $2\,Cu\,O$, $CO_2 + Cu\,O$, HO mit 55,3 Proc. Kupfergehalt;

8) der Kupferschiefer ist ein bitumiöser Mergelschiefer mit eingesprengten, zum Theil silberhaltigen Kupfererzen (Kupferkies, Buntkupfererz, Kupferglanz), welcher in einigen Gegenden Norddeutschlands (im Mannsfeldschen, am Harz, in Thüringen, Hessen und Schlesien) in großer Verbreitung auftritt. An verschiedenen Orten wird der Kupferschiefer als Kupfererz gewonnen und giebt dadurch zu einem sehr bedeutenden und ergiebigen Bergbau und Hüttenbetriebe Veranlassung.

Der bei weitem größte Theil des Kupfers wird aus den kiesigen Erzen gewonnen; nur auf wenigen Hüttenwerken werden auch oxydirte (ockrige) Erze zu gute gemacht. Kommen kiesige und ockrige Erze gemeinschaftlich vor, so nimmt man in der Regel beim Verschmelzen der kiesigen Erze keine Rücksicht auf die oxydirten.

Gewinnung des Kupfers.

§. 70.

Wir betrachten im Folgenden die Gewinnung des Kupfers

1) aus geschwefelten Erzen,
2) aus oxydirten Erzen,
3) auf nassem Wege.

Die Aufbereitung bei den Kupfererzen wird meist auf die nasse Aufbereitung ausgedehnt. Eine Aufbereitung durch Handscheidung findet immer dann statt, wenn die Gebirgsmasse mit kiesigen und ockrigen Erzen so durchdrungen ist, daß der Erzgehalt durch die nasse Aufbereitung nicht concentrirt werden kann, ohne beim Naßpochen und beim Verwaschen des Poch-

mehls einen namhaften Verlust zu erleiden. Gewöhnlich werden daher die kiesigen Kupfererze der nassen Aufbereitung unterworfen. Ungeachtet der Concentration gelangt man selten dahin, die Erze so sehr anzureichern, daß durch den Schmelzproceß mehr als 8—10 Proc. Kupfer aus denselben dargestellt werden könnten. Der Vorbereitung durch das Rösten sind nur die kiesigen Erze unterworfen. Wenn die zu röstenden Erze wesentlich aus Kupferkies bestehen und mit Schwefelkies stark verunreinigt sind, so sucht man einen Theil des sich verflüchtigenden Schwefels zu gewinnen. In gewissen Fällen beabsichtigt man durch das Rösten nicht nur die Zersetzung und Verflüchtigung eines Theils des Schwefels der Erze, sondern auch das Verbrennen des Bitumens, womit die Erze durchdrungen sind, dies ist z. B. bei dem bituminösen Kupferschiefer der Fall. Die Zuschläge beim Verschmelzen der Kupfererze sollen nicht blos die Schmelzung erleichtern und die Beschickung leichtflüssiger machen, sondern auch die Trennung des oxydirten Eisens von dem Kupferoxyd beim Verschmelzen des gerösteten Kupfersteins befördern.

Die Kupfergewinnung aus den kiesigen Erzen geschieht entweder in Schachtöfen oder in Flammenöfen. Bei dem Schmelzen in Flammenöfen bewirkt man die Reduction des aus dem Kupferstein durch Rösten erhaltenen Kupferoxydes nicht durch Kohle, sondern durch den unzersetzt gebliebenen Schwefelgehalt des Steines selbst. Dadurch wird der Kupfergehalt immer mehr in dem Steine concentrirt, bis endlich zur Zersetzung der letzten Schwefelantheile geschritten werden kann. Diese Zersetzung wird durch das Abrösten des concentrirten Kupfersteins und das zu gleicher Zeit stattfindende Schmelzen desselben bewirkt, worauf bis zur vollständigen Abscheidung des Schwefels die Luft ungehindert zutreten kann. Dabei bildet sich stets Kupferoxydul, so daß zuletzt das gereinigte Kupfer sich im Zustande des übergaren Garkupfers befindet. Bei dem Verschmelzen der Kupfererze in den Schachtöfen befolgt man zwar das nämliche Verfahren, den Kupfergehalt des Erzes zuerst im Kupferstein zu concentriren, die Reduction des Kupferoxydes in dem gerösteten Stein geschieht aber nicht durch den Schwefel, sondern durch die Kohle, womit die Beschickung im Schachtofen geschichtet ist. Daraus folgt der wesentliche Unterschied des Zustandes, in dem sich das Kupfer — abgesehen von der Verunreinigung mit andern Metallen — nach beendigtem Schmelzproceß befinden muß. Durch den Schachtofen erhält man nie ein übergares oder ein mit Kupferoxydul verunreinigtes, sondern stets ein kohlehaltiges, zu junges Kupfer. Es wird demnach weder durch den Schachtofen, noch durch den Flammenofen ein hammergares Kupfer erhalten werden können; die Mittel aber, dem Kupfer die Hammergare zu ertheilen, müssen

bei dem in dem Flammenofen dargestellten Kupfer gänzlich verschieden sein von den bei dem durch Verschmelzung im Schachtöfen erhaltenen Kupfer angewendeten.

Das Zugutemachen der Kupfererze in Schachtöfen.

§. 71.

Die beim Zugutemachen der Kupfererze in Schachtöfen stattfindenden Processe bestehen in der Regel darin, daß man die Erze röstet, wobei ein Theil des Schwefels, Arseniks und Antimons in Gestalt von schwefliger Säure, arseniger Säure und Antimonoxyd verflüchtigt wird, ein Theil der in den Erzen enthaltenen Metalle in schwefelsaure Salze (Vitriole), arseniksaure und antimonsaure übergeht, während ein Theil des Erzes sich dem Rösten entzieht. Bei dem reducirenden Schmelzen (Rohschmelzen, Erzschmelzen, fonte crue) des Röstgutes unter Zusatz von schlackebildenden Materialien wird zuvörderst das Kupferoxyd zu metallischem Kupfer reducirt, während die Vitriole sich wieder in Schwefelmetalle verwandeln, die mit dem metallischen Kupfer und den unzersetzt gebliebenen Schwefelmetallen den kupferreicheren Rohstein (Kupferstein, metal brut, matte brute de cuivre, *coarse metal*) bilden, und aus den vorhandenen antimon- und arseniksauren Metalloxyden sich durch Reduction Antimon- und Arsenikmetall (Speise) erzeugt. Die übrigen Metalloxyde, namentlich das zu Oxydul reducirte Eisenoxyd, verbinden sich mit den Zuschlägen zu Schlacke. Durch Wiederholung des Röst- und reducirenden Schmelzprocesses (Concentrationsschmelzen, Spurschmelzen, Mittelsteinschmelzen) erhält man zuletzt neben einer geringen Quantität Stein (Dünnstein oder Lech, matte mince) metallisches Kupfer (Rohkupfer, Schwarzkupfer, cuivre brut, cuivre noir, *coarse copper*), mit fremden Metallen verunreinigt, von welchen es durch ein oxydirendes Schmelzen (Rohgarmachen) befreit wird, indem die fremden Metalle als Oxyde theils verflüchtigt werden, theils in die Schlacke (Garschlacke, scorie de raffinage) gehen. Das Garkupfer (Rosettenkupfer, Scheibenkupfer, cuivre rosette, *rose copper*) enthält, weil bei dem Rohgarmachen der Röstproceß gewöhnlich zu weit getrieben wird, Kupferoxydul, wodurch seine Dehnbarkeit vermindert wird. Durch ein schnelles reducirendes Schmelzen, durch Umschmelzen zwischen Kohlen auf einem Herde wird das Kupferoxydul reducirt und es bildet sich geschmeidiges (hammergares) Kupfer. Durch das Raffiniren des Kupfers in Flammenöfen wird zweckmäßig das Roh- und Hammergarmachen zu einem Proceß vereinigt.

§. 72.

Das Rösten der Kupfererze wird in Haufen oder Stadeln vorgenommen. Das Verfahren hierbei ist auf den verschiedenen Hüttenwerken ein verschiedenes, indem theils die Natur der Erze, die des Brennmaterials, theils andere örtliche Umstände in Betracht gezogen werden müssen. Die Aufmerksamkeit der die Röstung beaufsichtigenden Arbeiter ist mehr darauf gerichtet, einer zu starken Röstung vorzubeugen, als eine zu schwache zu verhüten, indem sonst leicht zu viel Schwefel entfernt wird und nicht genug davon zur Bildung des Kupfersteins zurückbleibt.

Das Rohschmelzen oder Erzschmelzen (Suluschmelzen) des Röstgutes zu Rohstein (Kupferstein) geschieht in Schachtöfen von etwa 16 Fuß Höhe, theils mit Holzkohlen, theils mit Koks. Fig. 11 zeigt den vertikalen Durchschnitt des Schachtofens, Fig. 12 dessen vordere Ansicht, mit Beseitigung der vorderen Mauer, um den inneren Schmelzbau sichtbar zu machen. Fig. 13 zeigt endlich den untern Theil dieses Ofens. t t sind die Oeffnungen für die Düsen des Gebläses; durch die über dem Sohlenstein befindlichen beiden Oeffnungen o o (Augen) und zwei kurze Kanäle (Spuren) rinnt der flüssige Inhalt des Ofens in die beiden schalenförmigen Vertiefungen C′ C′ (Spurtiegel). Da das geröstete Kupfererz (Kupferkies, Buntkupfererz x.) stets größere oder geringere Mengen von Eisenoxyd enthält, so würde durch eine einfach reducirende Schmelzung leicht Eisen reducirt werden. Um dies zu vermeiden, setzt man schlackebildende Substanzen hinzu (Quarz oder kieselsäurereiche Zuschläge). Das in dem Ofen zu Oxydul reducirte Eisenoxyd tritt mit der Kieselerde zu einer leichtflüssigen Schlacke (am zweckmäßigsten von der Zusammensetzung $3\,RO,\ 2\,SiO_3$) zusammen. Das beim Rösten entstandene

Fig. 11.



Fig. 12.



Fig. 13.



Kupferoxyd und Kupferoxydul wird durch das in dem Röstgut enthaltene Schwefeleisen zu metallischem Kupfer reducirt (3 CuO + FeS = SO_2 + FeO + Cu). Während der Verschlackung scheiden sich die Schwefelmetalle ab und sammeln sich im untern Theile des Ofens als Kupferstein (Rohstein), ein Gemenge von Schwefelkupfer, Schwefeleisen und anderen Schwefelmetallen mit einem durchschnittlichen Kupfergehalt von etwa 32 Proc. Zuweilen scheidet sich auch je nach der Natur der verhütteten Kupfererze Speise (Kupferspeise, Königskupfer, Arsenikkönig) ab. Unter dem Kupferstein befindet sich öfters eine Masse von metallischem Eisen (Eisensau, Eisenkloß, Wolf). Die zugleich gebildete Schlacke führt den Namen Rohschlacke (Schwielschlacke).

§. 73.

Das Rösten des Kupfersteins wird in Haufen oder Stadeln ausgeführt und hat dessen möglichst vollständige Oxydation unter Beseitigung des vorhandenen Schwefels zum Zweck. Dies ist oft erst durch 5—8maliges Rösten zu erreichen, wodurch die Schwefelmetalle des Kupfersteins nach und nach fast vollständig in schwefelsaure Salze übergeführt werden. Auf einigen Kupferhütten, wie z. B. im Mansfeldischen, wird der geröstete Kupferstein zum Zweck der Kupfervitriolgewinnung ausgelaugt. Zuweilen, wenn es sich um das Zugutemachen solcher Kupfererze, welche Fahlerz, Bleiglanz, Arsenikkies, Zinkblende u. s. w. in größerer Menge mit sich führen, handelt, röstet man den Kupferstein nicht vollständig ab. Der erfolgte Spurrost wird in einem Schachtofen mit einem Zuschlag von Schlacke verschmolzen, welcher Proceß das Spuren oder die Concentrationsarbeit genannt wird. Der fallende Stein heißt der Spurstein oder Concentrationsstein (Doppellech, metal fin, metal bleu, matte concentrée, *fine metal*, *blue metal*), der etwa 50 Proc. Kupfer enthält, vollständig abgeröstet und zu Schwarzkupfer verschmolzen wird. Durch die Zwischenarbeit des Spurens wird ein größerer Theil der fremden Beimengungen verschlackt und folglich ein reineres Schwarzkupfer erhalten, obgleich die Ansichten der Hüttenleute über den Nutzen dieses Zwischenprocesses getheilt sind.

Man umgeht deshalb bei reinen Kupfererzen das Spuren und verschmilzt den vollständig abgerösteten Kupferstein zu Schwarzkupfer (Rohkupfer, Gelbkupfer) durch die Schwarzkupferarbeit (Schwarzmachen, Rohkupferschmelzen). Dies geschieht in Schachtöfen von geringerer Höhe (Krummöfen) als die beim Schmelzen der gerösteten Kupfererze angewendeten. Der Schwefelgehalt des Steines ist durch das Rösten so weit verringert worden, daß er das nun reducirte Kupfer nicht mehr aufzunehmen vermag. Es scheidet sich deshalb neben einer geringen Menge Stein (Dünnstein, Oberlech,

Armstein, matte mince) als Schwarzkupfer ab, welches letztere 95—96 Proc. Kupfer, außerdem Eisen, Schwefel, Arsenik, Antimon, zuweilen auch Silber rc. enthält.

§. 74.

Das Schwarzkupfer oder Rohkupfer wird nun durch ein kräftiges oxydirendes Schmelzen von den Verunreinigungen befreit, wobei sich die Verunreinigungen früher verschlacken als das Kupfer. Dieser Proceß heißt das Garmachen des Schwarzkupfers (raffinage, *refining, toughening*). Wie wichtig es ist, dem Kupfer durch das Garmachen die nöthige Dehnbarkeit und Geschmeidigkeit zu geben, zeigen die von Karsten[1]) angestellten Versuche, nach welchen höchst geringe Mengen fremder Metalle die Qualität des Kupfers verschlechtern können; so macht ein Zinkgehalt von 0,6 und ein Zinn- und Wismuthgehalt von 0,25 Proc. das Kupfer in hohem Grade rothbrüchig, ebenso ein Gehalt von 0,15 Proc. Antimon und Arsenik. 1 Proc. Blei macht das Kupfer zur Bearbeitung völlig unbrauchbar, ebenso ein Kohlegehalt von 0,05 Proc. Eine Ausnahme scheint das Silber zu machen, welches, wenigstens in dem Verhältniß von 99,2 Kupfer zu 0,8 Silber, der Festigkeit des Kupfers bei keiner Temperatur nachtheilig ist.

Der Proceß des Garmachens wird ausgeführt

1) im kleinen Garherde (Herdgarmachen);
2) im großen Garherde oder Spleißofen;
3) im Zugflammenofen oder Raffinirofen.

Das Herdgarmachen wird auf dem Garherde (Rosettirherde) vorgenommen, dessen vertikalen Durchschnitt Fig. 14, dessen perspectivische Ansicht Fig. 15 zeigt. Dieser Herd besteht aus einem massiven Gemäuer,

Fig. 14.

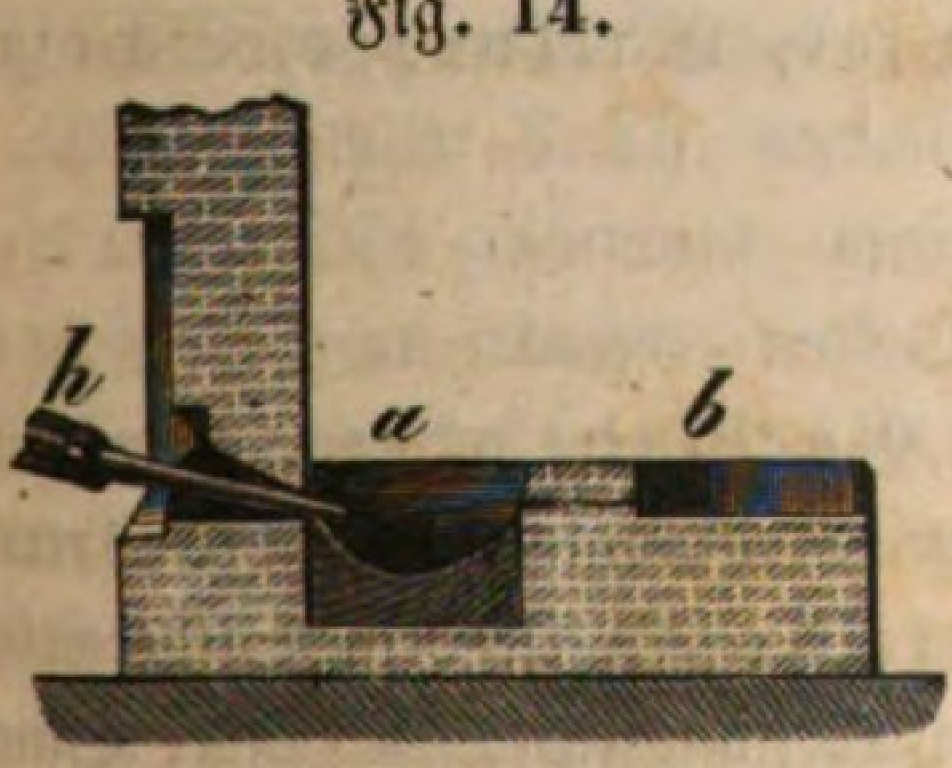
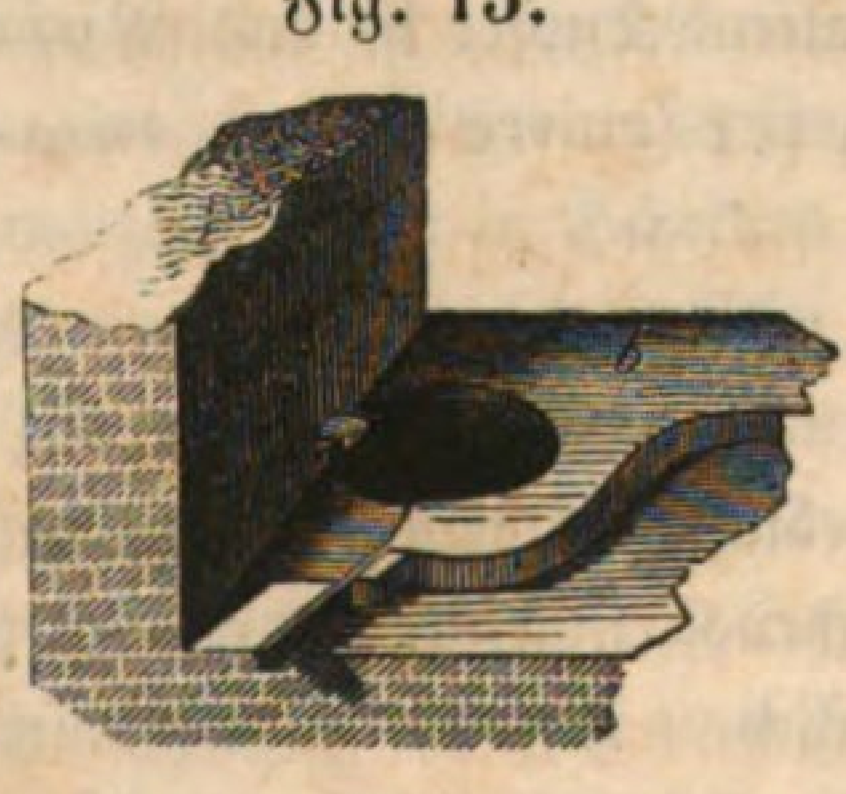


Fig. 15.



auf dessen oberer Fläche eine halbkugelförmige Vertiefung a, die Herdgrube angebracht ist, welche man in die aus schwerem Gestübbe (3 Th. Thon und

[1]) Karsten, System der Metallurgie, Berlin 1832; Bd. 5. S. 244.

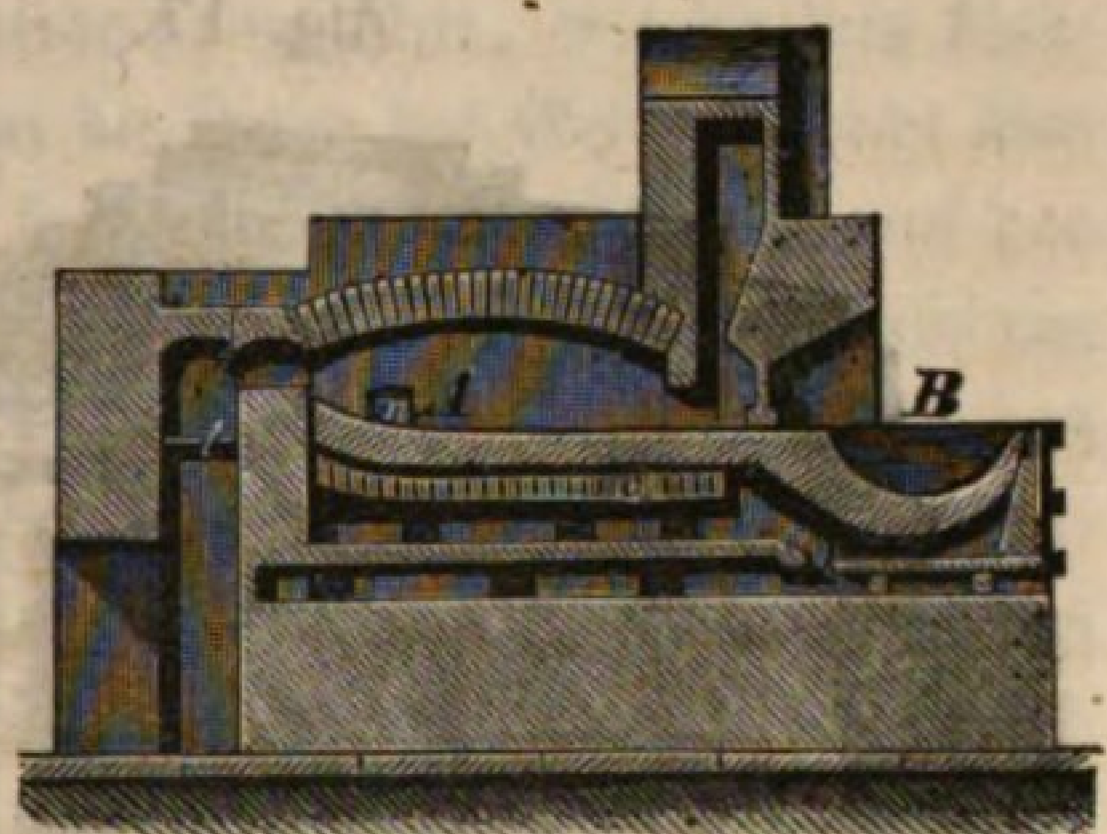
1 Th. Kohlenlösche) bestehende Herdmasse eingestampft hat. b ist eine gußeiserne Deckplatte des Herdes. Zwei Düsen, von denen die eine bei b sichtbar ist, treiben Wind in das Feuer und auf die Oberfläche des Kupfers. Man schmilzt nun 3—5 Ctr. Schwarzkupfer unter öfterem Nachgeben von Kohlen (meist Holzkohlen) unter Mitwirkung des Gebläses nieder. Schwefel, Arsenik und Antimon verflüchtigen sich in Gestalt von schwefliger Säure, arseniger Säure und Antimonoxyd. Eisenoxyd und die übrigen nicht flüchtigen Oxyde scheiden sich mit dem Kupferoxydul auf der Oberfläche des Kupfers als Garschlacke (Garkrätz, Verblasenschlacke, scorie de raffinage) ab, die von Zeit zu Zeit abgezogen wird. Eisen und Schwefel lassen sich am vollständigsten aus dem Kupfer entfernen, Zink, Blei, Arsenik und Antimon nur theilweise, Zinn und Silber nicht. Der Arbeiter hat genau den Zeitpunkt zu erfassen, in welchem das Kupfer die erreichbare Gare erlangt hat. Als Erkennungsmittel dient hierbei die Garprobe, indem der Arbeiter mit einer Eisenstange (Gareisen) in das flüssige Kupfer taucht und dessen Gare nach der Beschaffenheit, besonders der Biegsamkeit des Garspans — des beim Herausziehen der Eisenstange daran haftenden, erstarrten Kupfers — zu beurtheilen sucht. Nach dem Garwerden des Kupfers wird das Gebläse abgehangen, die Oberfläche des Kupfers von Kohlen und Schlacken befreit und dieselbe unter Aufstreuen von Kohlenklein so weit abgekühlt, daß das Kupfer, ohne eine Explosion befürchten zu müssen, mit Wasser oberflächlich zur Abkühlung gebracht werden kann. Es bildet sich eine dünne Scheibe (Rosette, rondelle, rosette, *cake*), welche abgehoben und alsbald in kaltem Wasser abgelöscht wird, um die Oxydation des Kupfers zu verhüten. So fährt man fort, Wasser aufzusprengen und Scheiben abzuheben, bis der Herd fast entleert ist. Man nennt diese Arbeit das Scheibenreißen, Spleißen, Rosettiren. Das so erhaltene Kupfer ist das Rosettenkupfer, Garkupfer, Scheibenkupfer (cuivre rosette, *rose-copper*).

§. 75.

Das Garmachen im großen Garherde oder Spleißofen (Gebläseflammenofen) ist in Folge der Unvollkommenheit des Herdgarmachens eingeführt worden. Der Spleißofen ist dem Silbertreibherd ähnlich. Fig. 16 zeigt ihn im vertikalen Durchschnitte. A ist der Schmelzherd, B der Spleißherd (es sind zwei solche Herde vorhanden), n die Form des Gebläses, l der Rost für das Brennmaterial; die Herdmasse besteht entweder aus schwerem Gestübbe oder aus einem Gemenge von Thon und Sand. Je nach der Größe des Spleißofens werden 30—60 Ctr. Schwarz-

kupfer auf einmal in denselben eingetragen und gar gemacht. Das Verfahren ist dem Herdgarmachen ähnlich. Wenn das Kupfer die Gare erreicht hat, wird es in die Spleißherde abgelassen und in diesen in Rosettenkupfer verwandelt. Da bei diesem Garmachen das Brennmaterial vom Schmelzgute getrennt ist, so findet eine vollständigere Reinigung des Kupfers statt, als im kleinen Herde. Die Anwendung der Spleißöfen nähert sich dem englischen Verfahren des Garmachens im Zugflammenofen, dem sie insofern indeß nachsteht, als man in dem Zugflammenofen beliebig reduciren und oxydiren und deshalb selbst aus unreinem Schwarzkupfer sofort hammergares Kupfer darstellen kann.

Fig. 16.



§. 76.

Bei Verarbeitung silberhaltiger Kupfererze, wird das Schwarzkupfer, um daraus das Silber abzuscheiden, vor dem Garmachen der Operation des Saigerns unterworfen. Diese Operation beruht darauf, daß Kupfer und Blei sich zusammenschmelzen lassen, daß aber beim Erkalten beide Metalle nicht verbunden bleiben, und eine Legirung von vielem Kupfer mit wenig Blei sich bildet, und das übrige Blei sich ausscheidet. Die Absonderung geschieht zum größten Theile nach dem specifischen Gewichte, die unterste Schicht bildet silberhaltiges Blei. Läßt man die flüssige Masse langsam erkalten, so scheidet sich das Blei aus, bei schnellem Erkalten erhält man dagegen ein inniges Gemenge beider Metalle; das Blei entzieht dem Kupfer das Silber.

Man schmilzt 3 Th. unvollständig gargemachtes Schwarzkupfer mit 10—12 Th. Blei zusammen, gießt die geschmolzene Masse in Scheiben und läßt diese langsam erkalten, wodurch die Legirung in silberhaltiges Blei und bleihaltiges Kupfer sich scheidet. Die Scheiben (Saigerstücke) werden sodann so stark erhitzt, daß das silberhaltige Blei von dem bleihaltigen Kupfer abfließt (absaigert). Fig. 17 und 18 zeigen die Einrichtung des Saigerherdes. Die Saigerstücke A (Fig. 18) stellt man aufrecht auf zwei gegen einander und etwas nach vorn geneigte eiserne Platten (Saigerbleche), deren Kanten etwas von einander abstehen, so daß eine Spalte entsteht. Zwischen die Scheiben werden glühende Kohlen gebracht. Das silberhaltige Blei fließt durch die Spalte in die Saigergasse C, deren Boden aus einer nach vorn hin

schwach geneigten eisernen Platte besteht; das silberhaltige Blei sammelt sich in dem Tiegel b; aus diesem wird es in die Form e gegossen, worin es zu Massen erstarrt, welche dann wie silberhaltiges Blei abgetrieben werden. Die rückständigen Scheiben (Kienstöcke), aus etwa 3 Th. Kupfer und 1 Th. Blei bestehend, werden dem Darrproceß unterworfen, welcher darin besteht, daß man die Scheiben durch Flammenfeuer bei Luftzutritt durchglüht, so daß das

Fig. 17.

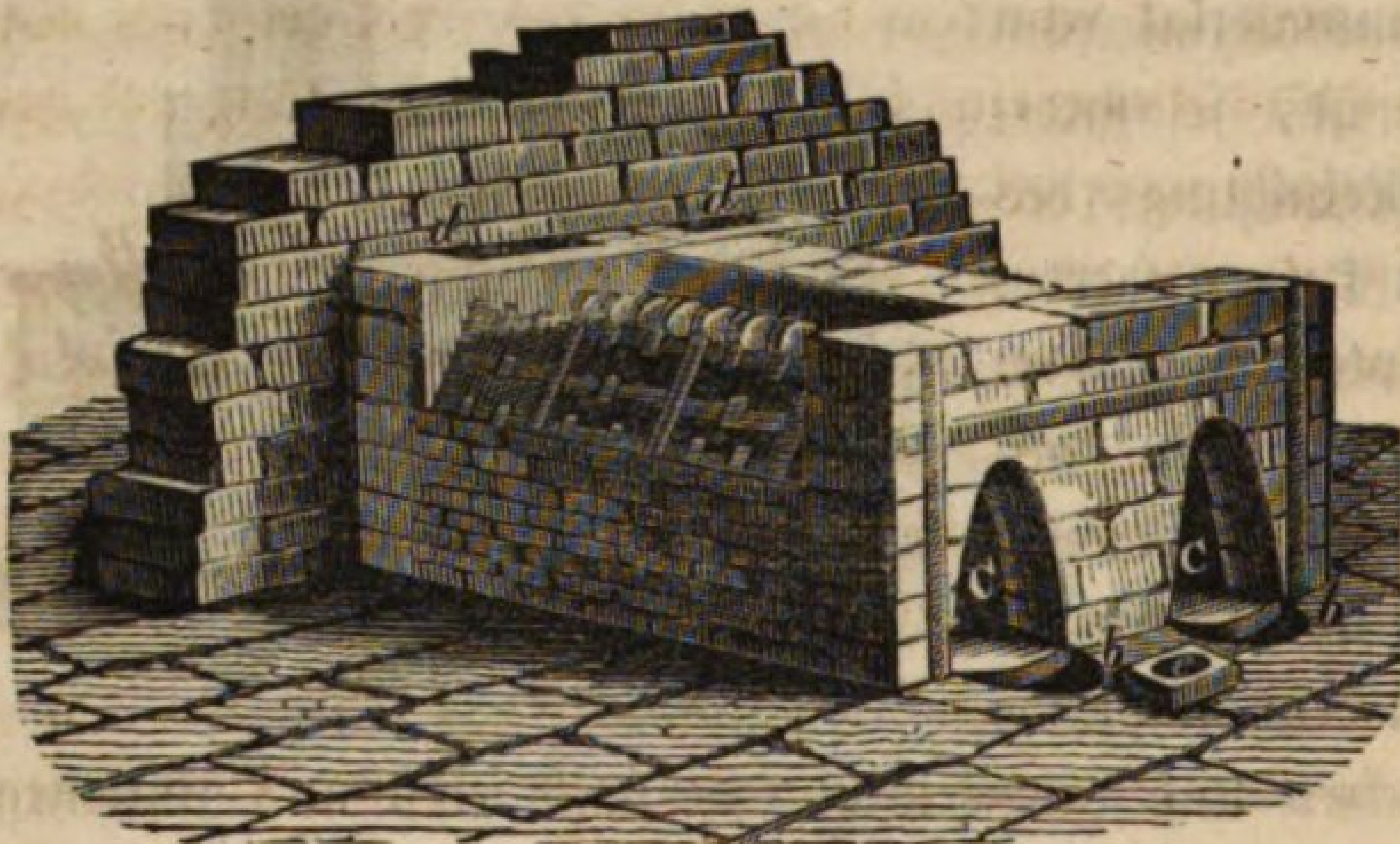
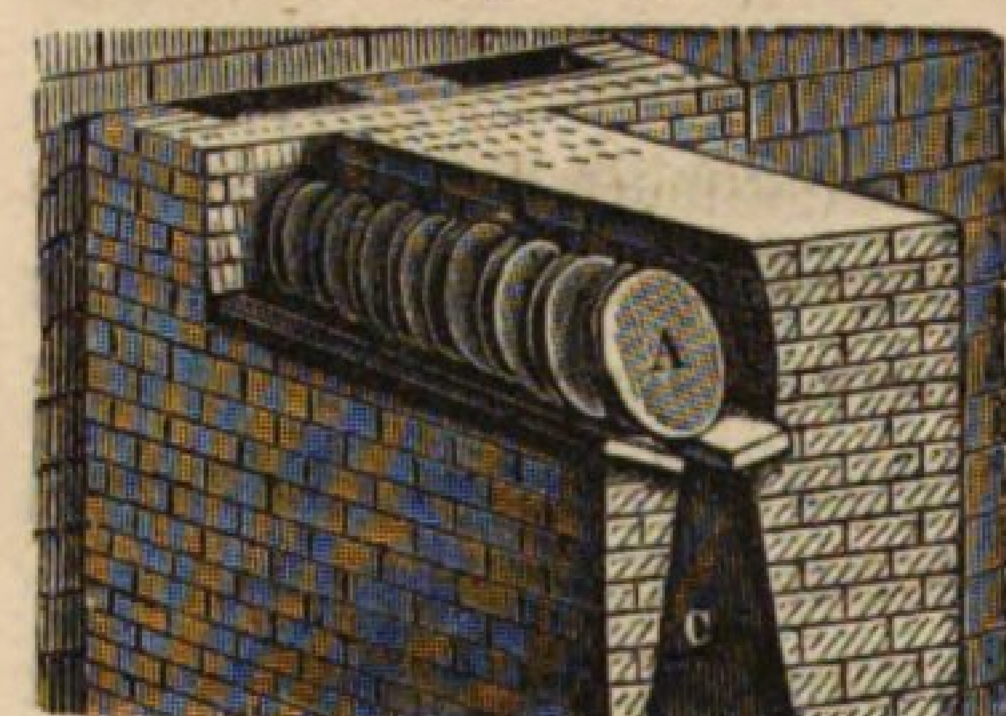


Fig. 18.



darin enthaltene (noch silberhaltige) Blei aussaigere, sich oxydire und als leichtflüssiges Gemisch von Metalloxyden (Darrschlacke) in die Darrgasse des Darrofens gelange, während das gereinigte Kupfer (Darrlinge) ungeschmolzen zurückbleibt und auf die oben angegebene Weise gar gemacht wird. Wegen des großen Bleiverlustes, welcher mit dem Saigerproceß verknüpft ist, und des großen Aufwandes von Brennmaterial und Zeit ist neuerdings zur Entsilberung des silberhaltigen Schwarzkupfers das Amalgamationsverfahren angewendet worden.

§. 77.

Wie schon erwähnt, ist das auf dem kleinen und großen Herde dargestellte Kupfer meist kupferoxydulhaltig. Bei einem Oxydulgehalt von 1,1 Proc. ist aber das Kupfer so wenig dehnbar und geschmeidig, daß es sich bei gewöhnlicher Temperatur nicht mehr bearbeiten läßt, ohne schiefrig zu werden und Kantenrisse zu bekommen. Bei einem Kupferoxydulgehalte von 1½ Proc. wird die Verminderung der Festigkeit auch schon in erhöhter Temperatur bemerklich und das Kupfer wird kalt- und rothbrüchig. Dies ist der Zustand des Kupfers, welchen man in Deutschland mit dem Namen des übergaren bezeichnet. Dieses mit Kupferoxydul verunreinigte Kupfer kann

nur durch Reduction des Oxyduls seine vorige Festigkeit wieder erhalten. Der dies bezweckende Proceß wird das Hammergarmachen und das dabei erhaltene Kupfer hammergares Kupfer genannt.

Diese Operation wird im kleinen Herde ausgeführt, wie bei dem Rohgarmachen. Während aber bei letzterem die Form des Gebläses dicht über dem Kupferspiegel liegt und dadurch eine kräftig oxydirende Wirkung auf das Metall ausgeübt wird, giebt man beim Hammergarmachen der Gebläseform weniger Neigung und legt diese einige Zoll über den Kupferspiegel, so daß die Gebläseluft nur durch die Kohlen über das Kupfer streichen und demselben reducirende Gase (Kohlenoxyd) zuführen kann. Ist dieser Proceß auch minder schwierig, als der des Herdgarmachens, so erfordert er dennoch ebenfalls geübte und aufmerksame Arbeiter, denn wird die Reduction des Kupferoxyduls zu weit fortgesetzt, so ist nicht allein alles Oxydul vollständig reducirt, sondern das Kupfer hat auch zuweilen einen kleinen Theil Kohle aufgenommen, wodurch sich die Festigkeit des Kupfers verringert und mitunter sogar zur Bearbeitung unter dem Hammer und Walzwerk ganz unbrauchbar wird. Dieser Zustand des Kupfers wird in England mit dem Namen des übergaren (*gone too far*) bezeichnet, weil er bei Anwendung der Flammenöfen erst dann eintritt, sobald das Kupfer vorher das Maximum seiner Festigkeit erreicht hatte. In Deutschland dagegen, wo man allgemein dem Kupfer die Hammergare durch Niederschmelzen mit Kohle vor dem Gebläse giebt, tritt dieser Zustand eher ein, als der Zustand des Maximums der Festigkeit. Man nennt daher solches Kupfer noch nicht hammergares oder junges Kupfer.

§. 78.

Das Zugutemachen der Erze in Flammenöfen.

(Englisches Verfahren.)

Der große Reichthum Großbritanniens an dem für den Flammenofenproceß sich am besten eignenden Brennstoff, der Steinkohle, führte wol zuerst auf die Idee, anstatt des Zugutemachens der Kupfererze in Schachtöfen die Gewinnung des Kupfers in Flammenöfen einzuführen. Mit dieser, in Bezug auf Großbritannien vortheilhaften wirthschaftlichen Seite vereinigt die Anwendung der Flammenöfen zugleich vielfache Vortheile von allgemeiner Wichtigkeit, namentlich ist das nach dem englischen Verfahren gewonnene Kupfer weit vorzüglicher als das der übrigen Kupferwerke, wenn es auch dem aus russischen und australischen Erzen gewonnenen an Güte nachsteht. Die

bedeutendsten englischen Kupferwerke sind zu Swansea[1]); sie erhalten ihre Erze aus den Kupferminen in Cornwall, Nord-Wales, Westmoreland, den angrenzenden Theilen von Lancashire und Cumberland, aus Schottland und Irland u. s. w., doch werden auch große Mengen von eingeführten Erzen (aus Chili, Peru, Australien, Cuba und Norwegen) verschmolzen. Außerdem befinden sich noch Kupferwerke auf der Insel Anglesea, in Staffordshire und bei Liverpool. Die englischen Kupfererze bestehen meist aus Kupferkies mit beigemengtem Schwefelkies, nicht selten auch etwas Zinnkies und Arsenikkies, und Gangart.

Die hauptsächlichsten Processe des englischen Kupfergewinnungsverfahrens bestehen in folgenden Operationen:

1) Rösten des kiesigen Kupfererzes (*calcination*);

2) Verschmelzen der gerösteten Erze zu Rohstein (*coarse metal*);

3) Rösten des Rohsteines;

4) Darstellen des weißen Concentrationssteines (*white metal*) durch Verschmelzen des gerösteten Rohsteines mit reichen Erzen;

5) Darstellen des blauen Concentrationssteines (*blue metal*) durch Verschmelzen des gerösteten Rohsteines mit gerösteten Erzen von mittlerem Kupfergehalt;

6) Darstellen eines rothen und weißen Steines durch Verschmelzen der bei den vorhergehenden Operationen gewonnenen Schlacken;

7) Röstschmelzen des blauen Steines Nr. 5 und Darstellung des weißen Extrasteines;

8) Röstschmelzen des weißen Extrasteines und Darstellung des Concentrationssteines;

9) Röstschmelzen des gewöhnlichen weißen Steines und der kupferhaltigen Böden zum Zweck der Darstellung von Schwarzkupfer (*blistered copper*, Blasenkupfer);

10) Raffiniren des Schwarzkupfers.

Seit längerer Zeit hat man sich bemüht, das complicirte englische Verfahren abzukürzen und zahlreiche Vorschläge in dieser Hinsicht gemacht. Dieselben bezwecken theils eine Verbesserung der Röstprocesse, theils ein reineres Ausbringen bei den Schmelzarbeiten durch Anwendung verschiedenartiger Flußmittel und Zuschläge. Nach Gurlt's Ansicht lassen sich

[1]) Im Jahre 1847 wurden von den damals bestehenden sieben Schmelzwerken zu Swansea 201,958 Tonnen Kupfererze, unter denen nahe an 40,000 Tonnen amerikanische und australische waren, mit einem Kupfergehalte von 20,823 Tonnen (400,000 Ctr.) für 1,506,808 Pfd. Sterl. angekauft. Der Ankauf fremder Erze hat seitdem sehr zugenommen.

alle Operationen des Zugutemachens der Kupfererze in Flammenöfen auf höchstens zwei Richtungen und drei Schmelzungen zurückführen, nämlich auf

1) das Rösten der gepulverten Erze unter Zusatz von Kochsalz oder Chlorcalcium, um flüchtige Chloride zu bilden;

2) das Verschmelzen der gerösteten Erze bei Erzeugung einer mehr saigeren Schlacke auf Rohstein;

3) das Röstschmelzen des Rohsteines mit erhitzter Gebläseluft auf Schwarzkupfer mit oder ohne Zuschlag von chlorhaltigen Substanzen;

4) das Raffiniren des Schwarzkupfers.

§. 79.

Das Rösten der kiesigen Kupfererze ist, so weit es die Stuferze betrifft, im Allgemeinen von dem auf dem Continent gebräuchlichen Verfahren nicht verschieden. Dagegen werden die durch nasse Aufbereitung aus ärmeren Erzen gewonnene Schliche, so wie die durch Walzwerke zerkleinerten Stuferze in Flammenöfen, Röstöfen (*calcining furnaces*, *ore calciner*) geröstet. Der Herd dieser Oefen ist elliptisch mit einem Durchmesser von etwa 18 Fuß und 15 Fuß. In einem solchen Ofen wird eine Röstpost = 3 — 3½ Tonnen = 60 — 70 Ctr. durch zwei im Ofengewölbe befindliche Oeffnungen mittelst darüber angebrachtem eisernen Trichter auf den Herd geschüttet und mittelst eiserner Harken auf der Herdsohle gleichmäßig ausgebreitet. Das Feuer wird nach und nach verstärkt, bis die Temperatur gegen das Ende der Operation so hoch gestiegen ist, daß das Erz eben nicht zusammensintert. Meist ist nach Verlauf von 12 Stunden die Operation vollendet. Darauf wird das Erz durch Oeffnungen in der Herdsohle in den Raum unter dem Gewölbe gestürzt und nach hinlänglichem Abkühlen daraus entfernt. Das Erz erleidet während des Röstens keinen wesentlichen Gewichtsverlust, indem die Aufnahme an Sauerstoff so ziemlich den Verlust an Schwefel, Antimon, Arsenik ꝛc. compensirt. Das Product des Röstens ist ein schwarzes Pulver, dessen Farbe vom Kupfer- und Eisenoxyd herrührt.

Während des Röstens entwickeln sich reichlich weiße Nebel, welche über den Hüttengebäuden als weiße Rauchwolken (Kupferrauch, *copper smoke*) erscheinen; diese Dämpfe, außer den gewöhnlichen Verbrennungsproducten schweflige Säure, Schwefelsäure, arsenige Säure, unverbrannten Arsenik, Fluorverbindungen und durch den Luftstrom mit fortgerissene feste Körper enthaltend, verbreiten sich weit in der Atmosphäre, senken sich mit der atmosphärischen Feuchtigkeit verdichtet nieder, tödten die Pflanzenwelt der Umgebung und fallen Menschen und Thieren beschwerlich. In der neueren Zeit hat man durch Absorption oder Verdichtung der verschiedenartigen Kör-

per durch kaltes Wasser dem erwähnten Uebelstande zu begegnen gesucht. Longmaid schlägt vor, die Kupfererze mit Kochsalz zu rösten, wo sich außer Glaubersalz gasförmiges Chlor entwickelt, das zur Chlorkalkbereitung dient. Suffer sucht den Schwefel theils durch Zusatz von Kohle, theils durch Zuschlag von Alkalisalzen zu entfernen.

§. 80.

Das Verschmelzen der gerösteten Erze zu Roh- oder Kupferstein geschieht in den Schmelzöfen (*melting furnaces*), welche beträchtlich kleiner sind als die Röstöfen, und weniger Thüröffnungen und keinen ebenen, sondern einen muldenförmig vertieften Herd zur Ansammlung des flüssigen Rohsteins haben. Die Figuren 19 und 20 stellen einen solchen Schmelzofen, wie er zu Swansea gebräuchlich ist, und zwar Fig. 19 den horizontalen Grundriß und Fig. 20 eine Seitenansicht dar. Der Herd A verengert sich gegen seine Mündung hin, so daß er eine Art von Mulde bildet, B bedeutet die Roststangen, D D die Arbeitsthüren und C die Feuerthür, E die Abzugsthür, H den Füllungstrichter, F F F Sandmulden für die Schlacke. G ist eine mit kaltem Wasser gefüllte Grube, welche durch die Rinne a gespeist wird, K bedeutet den Schornstein.

Fig. 19.

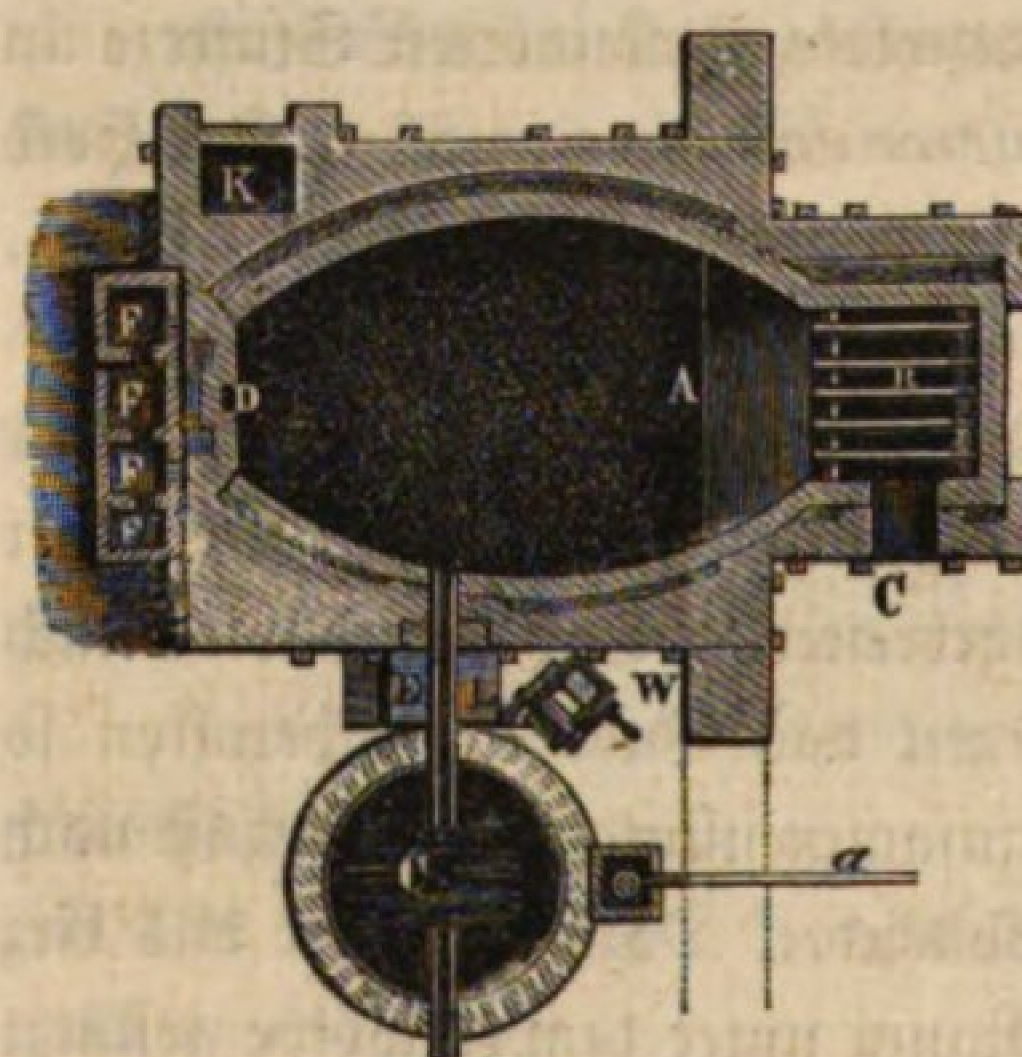
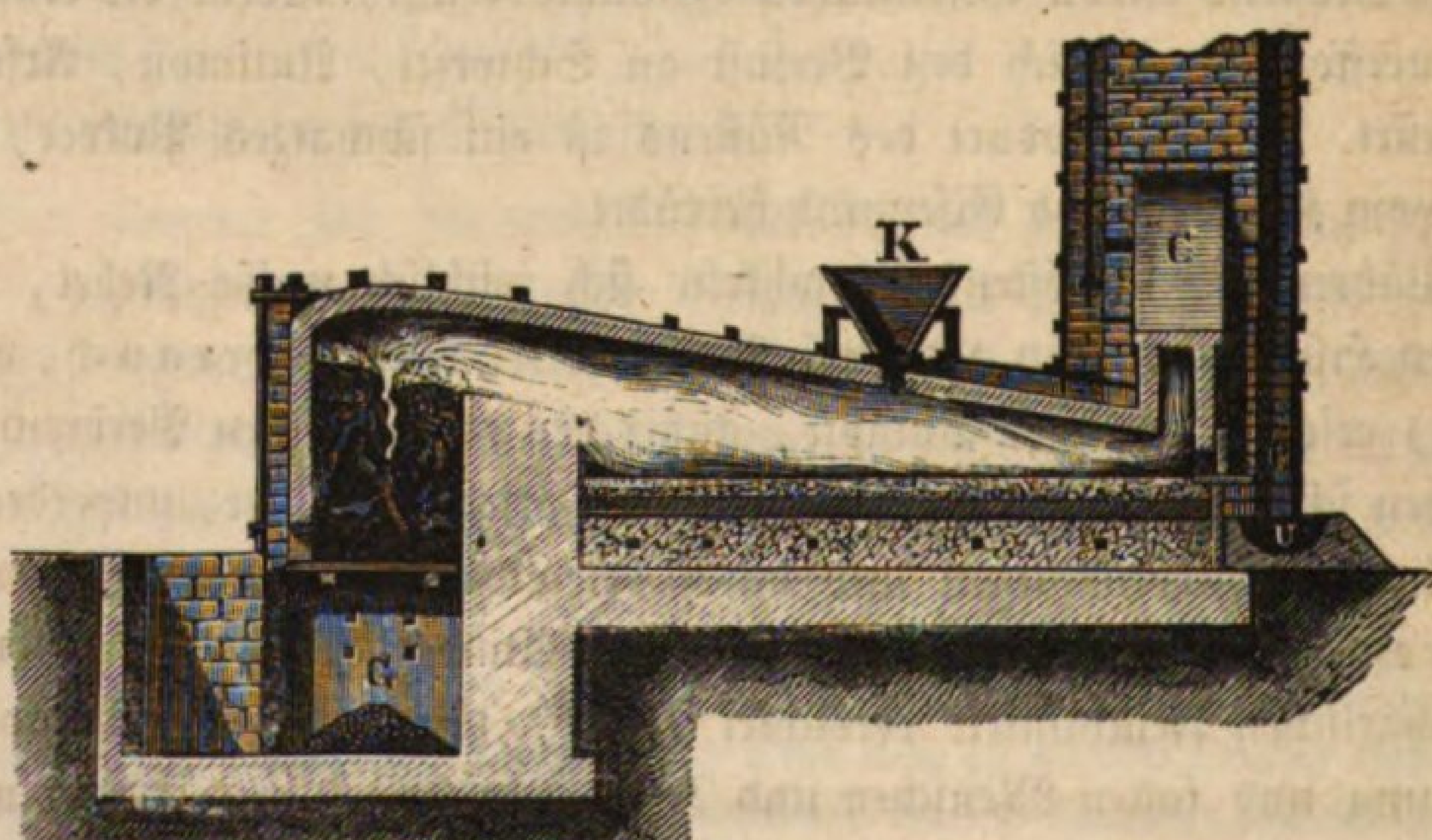


Fig. 20.



Beim Schmelzen des gerösteten Erzes werden Schlacken vom Schmelzen des gerösteten Rohsteines, ferner ungeröstete Erze von geringerem Kupfergehalt und Flußspath hinzugeschlagen, das Erz unter fleißigem und starkem Schüren in Fluß gebracht, die Schlacken abgezogen, darauf eine zweite Portion geröstetes Erz aufgegeben, eingeschmolzen, und so fort, bis der muldenförmig vertiefte Herd mit Kupferstein (Bronzestein) gefüllt ist, was in der Regel nach dem dritten Eintragen der Fall ist. Darauf läßt man den Kupferstein in den Wasserbehälter fließen, worin er während des Niederfallens in Gestalt von Körnern erstarrt (granuliren). Der gekörnte Kupferstein enthält durchschnittlich 33 Proc. Kupfer und besteht wesentlich aus Kupfer, Eisen und Schwefel. Binnen 24 Stunden verarbeitet man gewöhnlich fünf Schmelzposten à 20—30 Ctr. Der Verlust an Kupfer, welches in den Rohschlacken bleibt, beträgt etwa $5^1/_2$ Proc. des Gesammtgehaltes an Kupfer in der Beschickung.

Die Operation des Kupfersteinschmelzens durch den Flammenofenproceß bezweckt das Kupfer von der Gangart und einem Theil der in dem gerösteten Erze enthaltenen fremden Metalloxyde durch ein reducirendes und auflösendes Schmelzen abzuscheiden. Der Schwefel ist hierbei von Wichtigkeit, indem die unzersetzt gebliebenen Schwefelmetalle beim Schmelzen die Oxyde und schwefelsauren Salze zerlegen. Es verwandeln sich zunächst Eisenoxyd und Schwefeleisen in schweflige Säure und Eisenoxydul, welches letztere mit der vorhandenen Kieselsäure zu Schlacke zusammentritt. Bei gesteigerter Temperatur wird das Kupferoxyd von dem Schwefeleisen und Schwefelkupfer unter Bildung von Eisenoxyd und metallischem Kupfer zerlegt, welches letztere sich zum Theil in dem entstandenen Kupferstein auflöst, zum Theil auch durch das Eisenoxyd zu Kupferoxydul reducirt wird, das bei der höchsten Temperatur des Ofens sich verschlackt. Indem nun durch lebhaftes Rühren der geschmolzenen Massen Stein und Schlacken in innige Berührung kommen, setzt sich das in dem Steine enthaltene Schwefeleisen mit dem Kupferoxydul der Schlacken in Schwefelkupfer und kieselsaures Eisenoxydul um, so daß dem Kupfer fast jeder Weg zur Verschlackung abgeschnitten ist. Daraus folgt, daß beim Rösten so viel Schwefel im Röstgute zurückgehalten werden muß, daß es zur Aufnahme des Kupfers hinreichend ist.

Die in die Sandformen abgezogenen Schlacken werden zerschlagen, alle kupfersteinhaltigen Stücke sorgfältig ausgelesen und nachher wieder verschmolzen. Diejenigen Schlacken aber, welche keine Kupfergranalien enthalten, werden weggestürzt, zuweilen aber auch beim Abfließen aus dem Ofen in Backsteinformen gegossen und als Mauersteine verwendet.

§. 81.

Das Rösten des Rohsteins geschieht meist in denselben Flammenöfen, welche zu dem Rösten des Erzes Anwendung finden. Auf Anglesea findet das Rösten in den Flammenöfen statt, in denen später der geröstete Kupferstein verschmolzen wird. Nach dem zu Swansea gebräuchlichen Verfahren beträgt die Röstpost 3 bis 3½ Tonnen oder 60—70 Ctr. Man setzt diese Quantität mit einem Male auf den Herd und röstet mit großer Sorgfalt, indem man zuerst nur eine gelinde Hitze anwendet und dieselbe nicht zu schnell zu hoch steigert, weil außerdem wegen gänzlicher Abwesenheit von Gangart leicht Sinterung und Schmelzung eintreten könnte. Eine Röstung erfordert eine Zeit von 24 Stunden. Der Zweck des Röstens ist hauptsächlich, das Eisen zu oxydiren und den Schwefel bis auf ein gewisses Quantum zu verflüchtigen und zu verbrennen. Eine gewisse Menge Schwefel in dem Röstproducte ist nothwendig, weil außerdem das Concentrationsschmelzen nicht oder doch nur mit Kupferverlust ausführbar wäre.

Auf das Rösten folgt die Darstellung des weißen Concentrationssteines (*white metal*, metal ou matte blanche). Zu diesem Zwecke wird der geröstete Rohstein mit reichen, und zwar mit solchen Kupfererzen beschickt, welche fast kein Schwefeleisen, sondern nur Schwefelkupfer, Kupferoxyd und Quarz in solchen Verhältnissen enthalten, daß der Schwefelkies durch den Sauerstoff der Oxyde oxydirt wird, wobei alles Kupfer mit dem überschüssigen Kupfer zu Stein zusammentritt, das zu Oxydul oxydirte Eisen aber mit dem Quarz kieselsaures Eisenoxydul bildet. Das Schmelzen geschieht auf ähnliche Weise wie das Rohsteinschmelzen. Der sich bildende weiße Concentrationsstein ist fast von der Zusammensetzung des Kupferglanzes (Cu_2S) und wird in Sandformen abgestochen. 3—5 Proc. Kupfer gehen gewöhnlich in die Schlacke über. In der Regel besitzt der weiße Concentrationsstein eine grauweiße Farbe und körnige Textur; auf dem Bruch zeigen sich viele kleine Höhlungen. Durchschnittlich ist er in 100 Th. zusammengesetzt aus

Kupfer	73,0
Eisen	6,5
Schwefel	20,5
	100,0.

§. 82.

Die nun folgende Operation bezweckt die Darstellung des blauen Concentrationssteines (*blue metal,* metal ou matte bleue). Es wird zu

dem Ende nicht das Product der vorhergehenden Operation, sondern ein Gemenge von geröstetem Rohstein mit gerösteten Erzen von mittlerem Gehalte auf ähnliche Weise wie beim Rohsteinschmelzen verschmolzen. Der Hauptzweck dieser Operation ist die Entfernung des Eisens und des überschüssigen Schwefels, indem das Kupfer mit dem Minimum Schwefel verbunden als reiner und reicher Stein zurückbleibt, welcher eine bessere Kupfersorte herzustellen gestattet.

Die von den vorhergehenden Schmelzungen erhaltenen Kupferoxydul und Schwefelkupfer haltigen Schlacken werden in der Absicht, das Kupfer, welches sie enthalten, zu gewinnen, mit Kupferkies und Kohlenpulver gemengt und geschmolzen. Durch Einwirkung des Kupferoxyduls auf den Kupferkies entsteht ein kupferhaltiger Stein, welcher den mit den Schlacken gemengten Stein aufnimmt; durch Reaction der Kohle wird metallisches Zinn und Kupfer reducirt, die durch die Schlacken und den Stein hindurch auf die Herdsohle niederfallen und aus dem Stein Arsenik, Kobalt, Nickel rc. aufnehmen. Dadurch bildet sich ein sehr reiner weißer Stein, welcher die vorzüglichste Kupfersorte (*best selected*) liefert. Bei größerem Schwefelgehalt der Beschickung erfolgt rother Stein, der dem blauen Steine gleicht, sich aber von demselben dadurch unterscheidet, daß er bei dichterem Bruche mehr Kupfer als Schwefelkupfer, aber gewöhnlich kein metallisches Kupfer enthält. Die hierbei erfolgende Schlacke ist kupferarm und wird nicht weiter verarbeitet.

§. 83.

Der blaue Stein (§. 82.) wird durch eine röstende Schmelzung in weißen Extrastein übergeführt. Zu dem Ende wird der blaue Stein einer mäßigen Rösttemperatur ausgesetzt und darauf durch Schmelzen bei gesteigerter Temperatur mit Hülfe von Kieselerde die fremden Metalloxyde verschlackt. Durch Einwirkung des verschlackten Kupferoxyduls auf das Schwefeleisen des Steines wird letzterem Kupfer zugeführt. Die erforderliche Kieselerde liefert theils der dem Steine anhängende Sand, theils das Mauerwerk des Ofens. Der weiße Extrastein liefert durch Röstschmelzen, welches als eine Fortsetzung des vorigen Processes zu betrachten ist und nur, in Folge der Reinheit des angewendeten Materials, schneller von statten geht, einen Concentrationsstein, wobei eine Ausscheidung von metallischem Kupfer nicht zu vermeiden ist.

§. 84.

Der weiße Stein, so wie der Concentrationsstein werden auf Roh- oder Schwarzkupfer verschmolzen. Man bringt $1^1/_4 - 1^1/_2$ Tonnen =

25 — 30 Ctr. der zu verarbeitenden Steine auf die Herdsohle eines von dem Schmelzofen nicht verschiedenen Ofens und läßt das Glühfeuer 12 bis 24 Stunden lang einwirken. Im Anfange darf die Hitze nicht bis zum Schmelzen gehen, nur gegen das Ende wird sie erhöht. Durch dieses Röstschmelzen wird der Schwefel in Gestalt von schwefliger Säure entfernt und zu gleicher Zeit entweder durch Verflüchtigung allein oder durch den Sauerstoff und Verschlackung die Verunreinigungen wie Arsenik, Kobalt, Nickel, Zinn, Eisen u. s. w. entfernt. Während des Einschmelzens zerlegen sich Kupferoxydul und Schwefelkupfer gegenseitig zu schwefliger Säure und metallischem Kupfer ($2\,Cu_2O + Cu\,S = SO_2 + 3\,Cu$). Das geschmolzene Rohkupfer wird in Formen abgestochen. Es überzieht sich auf der Oberfläche mit schwarzen Blasen, weshalb es Blasenkupfer (*blistered copper*) genannt wird. Auf der Bruchfläche zeigt es ein poröses, bienenzelliges Ansehen, welches von den Gasen und Dämpfen (schweflige Säure, Arsenikdämpfe) herrührt, welche sich bei dem Aufkochen des Rohkupfers entwickeln. Das Roh- oder Schwarzkupfer ist schon ziemlich rein, von Schwefel, Eisen und anderen Metallen fast frei.

§. 85.

Die letzte Operation des englischen Flammenofenprocesses ist das Garmachen des Schwarzkupfers, welches auf der aus Quarzsand hergestellten Sohle eines mit directer oder mit Gasfeuerung versehenen Flammenofens ausgeführt wird. Man setzt je nach der Größe des Ofens 60 bis 100 Ctr. Schwarzkupfer auf einmal auf. Zuerst wird schwach erhitzt, um die Oxydation zu beendigen. Nach ungefähr sechs Stunden geräth das Kupfer in Fluß. Nachdem alles Kupfer in dem Sumpf niedergeschmolzen ist und der Ofen sich in starker Hitze befindet, wird die kupferoxydulreiche, röthlichgefärbte Schlacke abgezogen. Darauf wird mit einem Löffel eine Probe geschöpft und diese in einen eisernen Einguß gegossen. Nach der Beschaffenheit der Bruchfläche der Probe, außerdem auch nach der im Ofen vorhandenen Temperatur beurtheilt man, ob zum Garmachen geschritten werden kann. Es wird die Oberfläche des geschmolzenen Kupfers mit Holzkohlenpulver bedeckt und darauf in das flüssige Metallbad eine hölzerne Rührstange, gewöhnlich von Birkenholz, Metall gebracht. Man nennt diese Operation das Schäumen oder Polen (*poling*). Man unterscheidet ein Dichtpolen und Zähepolen. Durch das erstere sollen außer einer unvollständigen Reduction des Kupferoxyduls die letzten Spuren schädlicher Beimengungen, besonders des Schwefels, der dem Kupfer die Eigenschaft des Steigens (vergl. Seite 78.) ertheilt, entfernt werden. So-

bald genommene Proben die Eigenschaft des Steigens nicht mehr wahrnehmen lassen, folgt das Zähepolen oder die Reduction des vorhandenen Kupferoxyduls durch die aus den hölzernen Rührstangen unter Aufschäumen des Kupfers sich entwickelnden reducirenden Gase. Ein feines, dichtes Korn, eine lichtrothe Farbe, ein seidenartiger Glanz auf der Bruchfläche des Kupferstäbchens deuten auf den richtigen Grad der Gare. Sobald das Kupfer die Hammergare erlangt hat, wird es in eiserne Formen ausgeschöpft. Dasjenige Kupfer, welches nach Ostindien ausgeführt wird, wird in kleine Zaine von 6 Zoll Länge, von denen jeder etwa 1/2 Pfd. wiegt, gegossen. Es führt den Namen japanisches Kupfer. Sobald es in der Form erstarrt ist, wird es sofort in kaltem Wasser abgelöscht, wodurch es eine schöne rothe Farbe annimmt. Die gewöhnlichen Kupferbarren (Plattenkupfer) sind 18 Zoll lang, 12 Zoll breit und 2—2 1/2 Zoll stark. Das zur Messingbereitung verwendete Kupfer erhält nicht die Hammergare (es wird nicht geschäumt, *poled*), sondern man gießt es im übergaren Zustande mit einem siebähnlich durchlöcherten eisernen Löffel in kaltes, oder auch in heißes Wasser, um es dadurch zu granuliren; in heißem, ruhigem Wasser fallen die Körner rundlich aus (*bear shot*, cuivre en grains), in kaltem und fließendem federähnlich (*feathered shot*, cuivre en plumes).

Die ganze Zeitdauer des Garprocesses nach dem englischen Verfahren beläuft sich auf etwa 20 Stunden; das ungefähr 8—12 Stunden nach dem Beginn der Operation vorgenommene Umrühren wird vier Stunden lang fortgesetzt; der Rest der Zeit verstreicht mit Abkühlen des Kupfers bis zur Erniedrigung auf die zum Ausschöpfen sich eignende Temperatur, mit dem Gießen in Formen ꝛc.

Die Zunahme der Kupferconcentration in den verschiedenen Producten der Kupfergewinnung in Flammen- und Schachtöfen zeigt folgende vergleichende Tabelle:

	Engl. Flammenofenbetrieb. Kupfergehalt.	Mansfelder Schachtofenbetrieb. Kupfergehalt.
Geröstetes Erz	20—25 Proc.	2,75 Proc.
Rohstein	33 „	47,00 „
Gerösteter Rohstein	34 „	51,00 „
Weißer Stein	77 „	— „
Blauer Stein	56 „	— „
Schlackenstein	62—74 „	— „
Extrastein	77,5 „	— „
Metallstein	81,5 „	— „
Schwarzkupfer	92 „	88—95 „
Raffin. Kupfer	97—99,5 „	98,5—99,5 „

§. 86.

Gewinnung des Kupfers aus oxydirten Erzen.

Die Darstellung des Kupfers aus oxydirten Erzen ist einfach. Die Erze werden mit Kohlen in einem Schachtofen niedergeschmolzen, indem man sie mit den erforderlichen Zuschlägen versetzt, um eine leichtflüssige Schlacke, die kein Kupfer aufnimmt, zu erzielen. Das erfolgende Schwarzkupfer wird in ovalen Spleißöfen (vergl. Seite 86 u. 87) gar gemacht und in Blöcken als Rosettenkupfer in den Handel gebracht. Zu Chessy bei Lyon verschmilzt man Malachit, Kupferlasur und Rothkupfererz. Es findet dabei durch Verschlackung ein nicht unbedeutender Kupferverlust statt. Auf den sibirischen Kupferhütten am Ural giebt man den oxydirten Kupfererzen einen Zuschlag von kiesigen Kupfererzen und von Schwefelkies, wobei das Kupfer durch den Schwefel vor der Verschlackung geschützt und in einen Stein verwandelt wird, den man auf Schwarzkupfer verschmilzt.

§. 87.

Gewinnung des Kupfers durch Cementation.

Unter Cementation des Kupfers versteht man in dem gegenwärtigen Falle das Niederschlagen von metallischem Kupfer aus Lösungen von schwefelsaurem Kupferoxyd durch Eisen. Die Anwendung der Kupfererze zur Gewinnung von Cementkupfer findet nur selten und unter besonderen localen Verhältnissen statt. Gewöhnlich nur dann, wenn die aus den Kupfergruben gehobenen Grubenwässer Eisen- und Kupfervitriol aufgelöst haben und so viel Kupfervitriol enthalten, daß sie mit Vortheil auf Kupfer verarbeitet werden können.

Auf der Monagrube zu Amlweh auf der Insel Anglesey hebt man die Cementwässer zuerst in ein großes Bassin, um sie durch Absetzen von Eisenocker zu klären, und leitet sie darauf in die Cementgruben *(iron pits)*, in welchen sich das zur Zersetzung des Kupfervitriols bestimmte alte Guß- und Schmiedeeisen befindet. Auf der erwähnten Monagrube sind in sämmtlichen Gruben mindestens 40,000 Ctr. altes Eisen vorhanden. Die Cementwässer müssen durch alle Gruben hindurchgehen, worauf es so arm ist an Kupfer, daß es nicht mehr benutzt werden kann. Von Zeit zu Zeit muß das Eisen bewegt werden, damit die oxydirte Fläche sich abscheuere. Von Zeit zu Zeit werden die Bodensätze in den Sümpfen aufgerührt und die trübe Flüssigkeit mit allem Schlamm in große Sümpfe geleitet, in welchen sich der Schlamm absetzt, der in einem Trockenofen bei Flammenfeuer getrocknet wird. Der Kupfergehalt des Schlammes ist sehr verschieden, der reichste enthält unge-

fähr 50 Proc. Kupfer, durchschnittlich kann man einen Kupfergehalt von 15 Proc. annehmen, da der Hauptbestandtheil des Schlammes basisch schwefelsaures Eisenoxyd ist. Auf der Monagrube werden jährlich 12—15,000 Ctr. Schlamm gewonnen, welche 1600—2000 Ctr. Garkupfer liefern. Das Cementkupfer oder vielmehr der getrocknete Schlamm wird beim Steinschmelzen, also beim ersten Concentriren des Rohsteines zugesetzt. Mit diesem Verfahren ist ein großer Verbrauch an Eisen verbunden, indem sich in dem säurehaltigen Wasser weit mehr Eisen auflöst, als zur Fällung des Kupfers erforderlich ist. Nach einem Vorschlage von Napier soll ein reines Kupfer und zwar vollständig gefällt werden dadurch, daß man die Cementwässer mit Schwefelsäure ansäuert. Durch diesen Zusatz wird das Eisen immer blank erhalten und es wird das aufgelöste Eisen bei Zusatz von organischen Substanzen (z. B. Sägespänen) als Eisenvitriol erhalten. Die Sägespäne sollen der verdünnten Schwefelsäure die Eigenschaften nehmen, das metallische, nicht aber das oxydirte Eisen aufzulösen. Zu 1000 Litern Grubenwasser setzt man 2 Kilogr. Schwefelsäure und 2 Kilogr. Sägespäne und beseitigt die letzteren, sobald das in dem Wasser enthaltene Oxyd zu Oxydul reducirt worden ist. Darauf fällt man das Kupfer durch metallisches Eisen aus.

§. 88.

Zu Herrengrund bei Neusohl in Niederungarn, wo früher beträchtliche Mengen von Cementkupfer gewonnen wurden, ist die Gewinnung jetzt sehr unbedeutend. Dagegen zu Schmölnitz in Oberungarn hat die Cementkupferbereitung eine so große Ausdehnung erhalten, daß jährlich gegen 2500 Ctr. Garkupfer aus den Cementirwerken gewonnen werden. Man leitet in die verlassenen Baue heißes Wasser, welches nach längerem Verweilen darin eine schwache Vitriollauge bildet, die wieder zu Tage gehoben wird. Außerdem hat man zu Schmölnitz ein künstliches Bewässerungssystem der großen Grubenhalden eingeführt und sich dadurch einen großen Zuschuß an Cementwasser verschafft. Die theils aus der Grube gehobenen, theils durch das Bewässern der Halden erhaltenen Cementwässer werden in Sümpfen gesammelt und aus diesen den Cementwerken zugeführt, welche aus einer großen Anzahl unter einander liegender kleiner Sümpfe bestehen, von denen ein jeder mit Stücken von altem Eisen angefüllt ist. Das Cementwasser fließt über alle diese kleinen Gefälle hinweg, bis es von dem am tiefsten liegenden ganz frei von Kupfer abfließt. Man theilt die gewonnenen Niederschläge in drei Sorten, von denen die reichste gegen 70 Proc. Kupfer und darüber enthält. Die besten und die mittleren Sorten werden beim Rösten den gerösteten Rohsteinen zugesetzt und auf Rohkupfer verschmolzen. Die schlechteste, nur

wenig Kupfer enthaltende Sorte kommt zum Erzschmelzen. Zum Niederschlagen rechnet man 200 Th. Schmiedeeisen, oder 300 Th. Roheisen, um 100 Th. Rohkupfer aus den Niederschlägen zu erhalten.

Arme ockrige Erze, die nicht mehr mit Vortheil verschmolzen werden können, werden durch Rösten mit Schwefelkies oder überhaupt auf irgend eine Weise, wobei schweflige Säure sich entwickelt, auf Kupfervitriol verarbeitet.

Auch aus kiesigen Kupfererzen hat man unter Umständen mit Gewinn Cementkupfer dargestellt, so verwandelt z. B. Bankart die Kupfererze durch Rösten in Sulfate, schlägt aus deren Lösung das Kupfer durch Eisen nieder und gewinnt aus der Lauge Eisenvitriol.

Das Blei.

§. 89.

Das Blei (plomb, *lead*) gehört zu denjenigen Metallen, welche schon in den ältesten Zeiten bekannt gewesen sind. Homer schon bezeichnet es als *μόλυβδος* und erwähnt bei Gelegenheit der Lanze des Iphidamas der Biegsamkeit und da, wo er von der Iris spricht, der Schwere des Bleies[1]), doch werden Zinn und Blei im Alterthum häufig miteinander verwechselt. Zuverlässige Nachrichten über das Blei finden sich erst bei Plinius. Die Römer verstanden schon die Kunst, Bleiröhren zu Wasserleitungen herzustellen und Plinius giebt an, es könne das Blei nicht ohne Zinn, eben so wenig wie das Zinn ohne Blei gelöthet werden, und führt ausdrücklich an, daß zum Löthen der Bleiröhren eine Legirung von 2 Th. Blei und 1 Th. Zinn diene.

Die Anwendung des Bleies, sowohl für sich als legirt, als Oxyd und in Gestalt von Bleisalzen ist allgemein und ausgedehnt. Nicht unbedeutend ist auch die Quantität des Bleies, welche die Gewinnung des Silbers aus seinen Erzen erfordert und welche durch Verflüchtigung verloren geht.

§. 90.

Eigenschaften des Bleies.

Das Blei zeigt eine eigenthümlich lichtgraue Farbe, welche nach diesem Metalle bleigrau genannt worden ist. Es ist wenig geneigt, krystallinisches Gefüge anzunehmen und zeigt auf der Bruchfläche ein gleichartiges geschmolzenes Ansehen. Das Blei zeichnet sich durch Weichheit und Biegsamkeit aus, daher es einen ziemlich hohen Grad von Dehnbarkeit, aber nur geringe absolute Festigkeit besitzt. Frisch geschabt oder geschnitten zeigt es einen starken

[1]) Odyss. II. IX. V. 236: „Wie Blei verbog sich die Spitze der Lanze;" Odyss. II. XXIV. V. 80 „Einer Bleikugel gleich versank in der Tiefe die Iris."

Glanz, der aber an der Luft sich bald verliert. An den Händen, auf Papier und auf leinenen Zeugen färbt es stark ab. Die Härte wird durch Bearbeitung nicht merklich erhöht. Sein spec. Gew. = 14,445. Ein Kubikfuß Blei wiegt daher über 600 Pfund. Das aus den Erzen dargestellte Blei ist fast immer mehr oder weniger mit anderen Metallen verunreinigt. Gewöhnliche Verunreinigungen sind Kupfer und Antimon, selten kleine Quantitäten von Arsenik und Zink, noch seltener Eisen. Eine andere, häufige Verunreinigung des Bleies ist die mit Bleioxyd, von dem geringe Mengen dem Metalle mechanisch beigemengt sind. Durch diese Beimengung vermindert sich die Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit beträchtlich, dagegen widersteht ein so verunreinigtes Blei stärker der Kraft, mit der es zusammengedrückt wird. Wenn demnach das Blei zum Tragen von Lasten Verwendung finden soll, ist die Verunreinigung mit Oxyd vortheilhaft. Kommt dagegen die Dehnbarkeit in Betracht, wie bei der Herstellung von Bleiblech, so ist beim Verschmelzen die Bildung des Oxydes zu verhüten. Das Blei gehört zu den leichtflüssigen Metallen, es schmilzt schon bei 332°; es erstarrt ruhig und mit eingesenkter Oberfläche. Bis fast zum Schmelzpunkt erhitzt, wird es spröde und bricht durch starkes Hämmern in Stücke. Bei starker Weißglühhitze geräth es bei Abschluß der Luft in eine kochende Bewegung und verdampft. Das Blei läßt sich nur schwierig feilen, indem die Feilspäne ihrer Weichheit wegen die Vertiefungen der Feile verstopfen.

§. 91.

Bleierze.

Das wichtigste Bleierz ist der **Bleiglanz** (plomb sulfuré, galène, *lead-glance, galena*), PbS (86,55 Th. Blei und 13,45 Th. Schwefel, gewöhnlich etwas Silber — 0,01 — 0,03 Proc. — enthaltend). Je grobblättriger der Bleiglanz ist, desto silberärmer pflegt er zu sein. Auf Lagern geht der Bleiglanz nicht selten innige Gemenge mit verschiedenen Erzen, namentlich mit Schwefelkies, Kupferkies, Zinkblende, oder auch mit anderen Mineralkörpern wie Schwerspath, Quarz ꝛc. ein. Er findet sich in den verschiedensten Gebirgsformationen, im Granit, im krystallinischen Schiefergebirge, im Uebergangs- und Flötzgebirge, und findet sich eingewachsen und eingesprengt im Gebirgsstein, so z. B. im Sandstein der Eifel als **Sand-** oder **Knotenerz** (plomb sableux). Außer zur Bleigewinnung dient er auch feingemahlen (als Glasurerz oder Alquifour) zum Glasiren des Töpferzeuges, zur Herstellung des Pattinson'schen Bleiweißes, auch wol als Streusand und zur Verzierung von Bijouteriearbeiten.

Mit dem Bleiglanz gemeinschaftlich werden noch in einigen Fällen verhüttet das Weißbleierz (Bleispath, kohlensaures Bleioxyd, plomb carbonaté, *white lead ore*), PbO, CO_2, mit 77,5 Proc. Blei, das Grünbleierz (Pyromorphit, $3[3 PbO, PO_5]$, $Pb Cl, Fl$, phosphate de plomb, *phosphate of lead*) mit 69—76 Proc. Blei und der Bleivitriol (PbO, SO_3, sulfate de plomb, *sulfate of lead*) mit 68,3 Proc. Blei. Der aus 41,77 Th. Blei, 12,76 Th. Kupfer, 26,01 Th. Antimon und 19,46 Th. Schwefel bestehende Bournonit (Spießglanzbleierz) wird auf Kupfer und Blei verarbeitet.

§. 92.

Gewinnung des Bleies.

Die Gewinnung des Bleies ist von der Verschiedenheit der Erze abhängig, die man eben so wie die Kupfererze in geschwefelte (Bleiglanz) und oxydirte (Weißbleierz) eintheilt.

Alle Methoden, das Blei zu gewinnen, lassen sich unter folgende Abtheilungen bringen:

A. Aus dem Bleiglanz.

a) in Flammenöfen:

α) Es wird der Schwefel durch Rösten entfernt; das durch das Rösten entstandene Bleioxyd und schwefelsaure Bleioxyd wirken auf noch unzersetzten Bleiglanz ein ($3 PbO + PbS = 4 Pb + SO_2 + O$; $PbO, SO_3 + PbS = 2 Pb + 2 SO_2$).

β) Es wird der Schwefel durch Eisen entfernt (französische Niederschlagsarbeit).

b) in Schachtöfen:

α) Niederschlagsarbeit, wobei der Schwefel durch metallisches Eisen ($Pb S + Fe = FeS + Pb$), Eisenerze, Eisenfrischschlacken ꝛc. entfernt wird.

β) Röstarbeit oder ordinäre Bleiarbeit. Es wird der Schwefel durch Rösten in freien Haufen entfernt und das Blei durch reducirendes Schmelzen des Röstgutes abgeschieden.

γ) Vereinigte Röst- und Niederschlagsarbeit, wobei die Erze in Rösthäusern oder Flammenöfen geröstet und dann mit Roheisen oder Eisenfrischschlacken verschmolzen werden.

c) in Herdöfen:

Hierbei findet das Rösten des Bleiglanzes und die nachherige Einwir-

kung des oxydirten Bleies auf den Bleiglanz in Herdöfen, oder auch nur die letztere in Herdöfen, ersteres in Flammenöfen statt.

B. Aus oxydirten Erzen.

Die hauptsächlichsten Bleibergwerke sind 1) der Harz und besonders die oberharzer Bleibergwerke; 2) in Oesterreich Bleiberg bei Villach und Raibl in Kärnten, Przibram, Mies, Bleistadt in Böhmen 2c.; 3) in Preußen Friedrichshütte bei Tarnowitz in Oberschlesien, Stolberg, Cornelymünster bei Aachen, Commern am Bleiberge im Rgbzk. Cöln, die Hütte zu Müsen im Kreis Siegen 2c.; 4) in Großbritannien Wales, Schottland, Durham, Cumberland und Yorkshire, Derbyshire, Shropshire, Devon und Cornwall; 5) Poullaouen und Huelgoat bei Cahair, Depart. Finisterre; 6) Villeforte und Viallaz, Depart. der Lozère; 7) bei Pezey und Macot in Savoyen; 8) die Grube von Vednin bei Namur in Belgien.

§. 93.

Die Art der Aufbereitung bei den Bleierzen ist von der Beschaffenheit der Erze und der Art ihres Vorkommens abhängig. Bei reinen Bleierzen sucht man durch die Aufbereitung nur die Gangart möglichst abzusondern. Die durch die Arbeiten des Reinscheidens und des Siebsetzens erhaltenen Erze werden zerkleinert, wenn der Verschmelzung der Erze eine Röstarbeit vorangeht, oder wenn die Röst- und Schmelzarbeiten zu einer Operation verschmolzen sind. Die mechanische Zerkleinerung fällt hinweg, wenn der Schwefel vom Bleiglanz durch Niederschlagsarbeit (durch Eisen) abgeschieden wird. Bei der Aufbereitung der Bleierze ist außer der Größe des Kornes auch zu gleicher Zeit auf den später damit vorzunehmenden Schmelzproceß Rücksicht zu nehmen. Bei der Verschmelzung in Schachtöfen ist die Verunreinigung des Erzes mit Gangart weniger nachtheilig, als bei der Verarbeitung in Flammenöfen, weil die Gangart in dem letzteren Falle als ein mechanisches Hinderniß wirkt und weil sie zugleich die Verschlackung des entstehenden Bleioxydes befördert. Aus diesem Grunde müssen die in den Flammenöfen zu verschmelzenden Bleierze durch möglichst vollständige Absonderung der Gangart auf einen hohen Gehalt gebracht werden, welches bei der Verschmelzung in Schachtöfen weniger nothwendig ist.

§. 94.

Gewinnung des Bleies aus dem Bleiglanz.

(In Flammenöfen.)

Die Gewinnung des Bleies in Flammenöfen hat vor dem Schachtofenbetriebe große Vortheile, indem sie die Anwendung roher Brennmateria-

lien gestattet, die Bildung nur geringer Rückstände veranlaßt, kein Gebläse und keine kostspieligen Schmelzzuschläge erfordert, und sich wegen der Entbehrlichkeit der Wasserkraft an Orten einrichten läßt, wo die Anwendung der Schachtöfen nicht wohl möglich ist. Dagegen erfordert der Flammenofenbetrieb reine und reiche Bleierze und es wird ein Bleigehalt derselben von 40 Proc. verlangt, weil sonst der Bleiverlust zu groß wird. Es lassen sich dem Wesentlichen nach zwei verschiedene Methoden unterscheiden, welche bei der Verschmelzung der Bleierze in Flammenöfen in Anwendung kommen. Die Flammenöfen sind entweder mit geneigtem Herde versehen, von welchem das reducirte Blei in dem Augenblicke, in dem es sich bildet, abfließt und mit dem auf dem Herde zurückbleibenden noch nicht reducirten Erze nicht weiter in Berührung kommt (Kärntner Verfahren). Oder es sammelt sich das reducirte Blei auf der Sohle des vertieften Herdes an, wird von dem noch unzersetzten Erze und Schlacken bedeckt, von Zeit zu Zeit durch eine Stichöffnung abgelassen und in ein mit der Stichöffnung in Verbindung stehendes Bassin geleitet (englisches und französisches Verfahren). In beiden Fällen bringt man eine bestimmte Menge Erz mit einem Male auf den Schmelzherd und erneuert den Einsatz erst dann wieder, wenn das erste Erzquantum vollständig zu Blei reducirt worden ist.

§. 95.

Kärntner Verfahren.

Das zu Bleiberg und Raibl in Kärnten angewendete Verfahren gründet sich darauf, daß beim Rösten des Bleiglanzes zu einem gewissen Zeitpunkt der Operation in dem Röstgute auf ein Aequivalent schwefelsaures Bleioxyd noch ein Aequivalent unzersetzter Bleiglanz vorhanden ist, die durch gegenseitige Einwirkung schweflige Säure und metallisches Blei bilden:

Schwefelsaures Bleioxyd PbO, SO_3 und Bleiglanz PbS	geben	2 Aequiv. Blei 2 Pb und 2 Aeq. schweflige Säure $2\,SO_2$.

Ein Theil des Bleiglanzes wird ferner während des Röstens in Bleisubsulfuret Pb_2S verwandelt, welches mit dem schwefelsauren Bleioxyd gleichfalls metallisches Blei giebt:

Bleisubsulfuret Pb_2S und schwefelsaur. Bleioxyd PbO, SO_3	geben	3 Aeq. Blei 3 Pb und 2 Aeq. schweflige Säure $2\,SO_2$.

Man trägt in den dunkelrothglühenden Ofen (Fig. 21 und 22) den Einsatz (die Einfahrt, Schmelzpost), aus etwa 4 Ctr. Erz bestehend, durch das Mundloch b auf den Herd a ein, breitet das Erz gleichmäßig aus und röstet, während die Erze von Zeit zu Zeit mit einer eisernen Krücke umgerührt werden, 6—7 Stunden lang. Das Aussaigern der Bleitropfen (Jungfernblei)

Fig. 21.

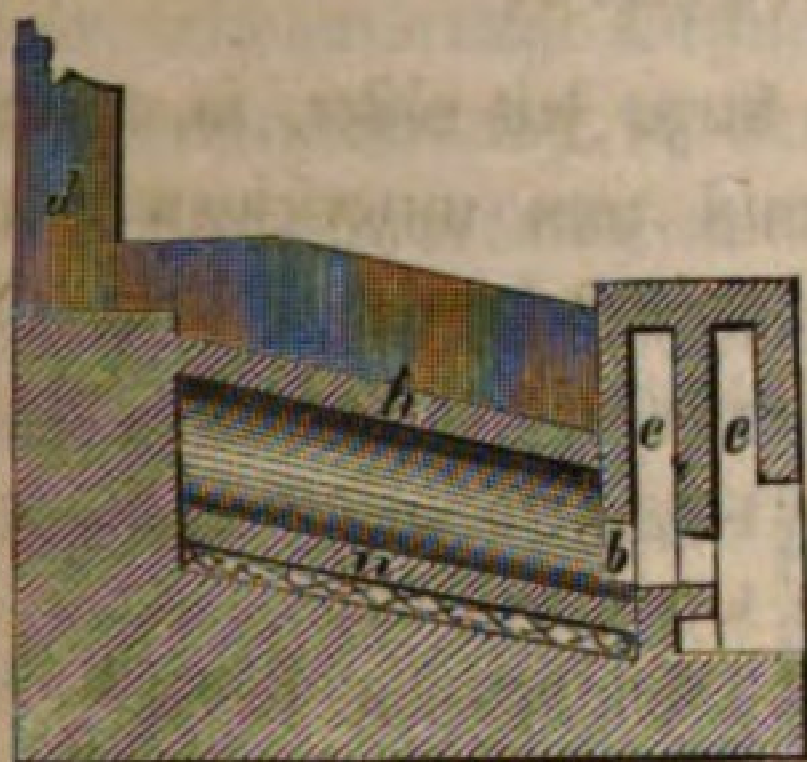
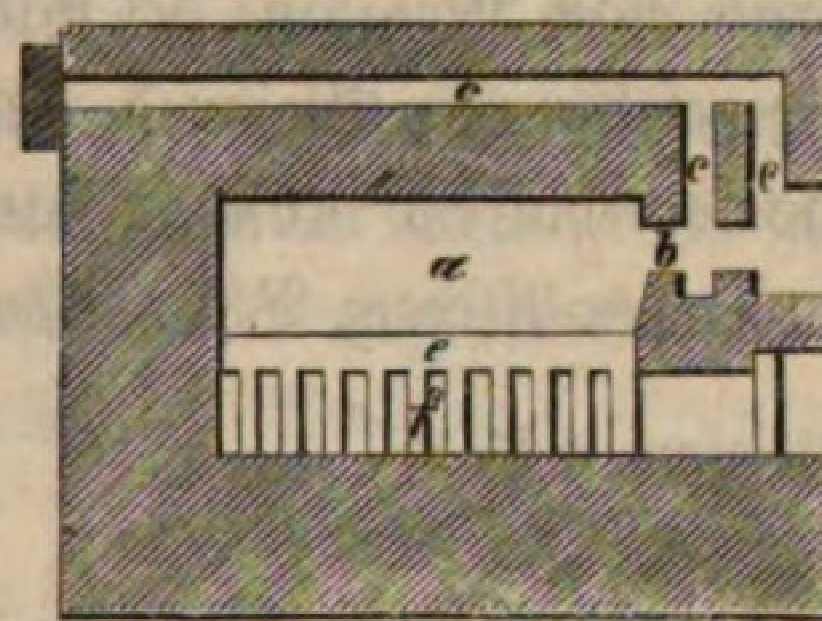


Fig. 22.



beginnt von der dritten Stunde an ununterbrochen und zwar am häufigsten beim Umrühren der Erzmasse. Sobald keine Bleitropfen sich mehr zeigen, ist die erste Periode, die Schmelz- oder Röstperiode als beendigt anzusehen. Auf der Sohle des Herdes findet sich ein Gemenge von einem Aequivalent Bleiglanz und drei Aequivalenten schwefelsaurem Bleioxyd, durch deren Reaction aufeinander sich nicht mehr metallisches Blei, sondern Bleioxyd bildet ($PbS + 3\,PbO, SO_3 = 4\,PbO + 4\,SO_2$). Darauf muß die Hitze in dem Ofen verstärkt, aber auch zugleich ein Reductionsmittel für das Bleioxyd und das schwefelsaure Bleioxyd angewendet werden. Zu dem Ende werden die glühenden Kohlen aus dem Feuerungsraum f auf den Herd gebracht und es wird frisches Holz nachgefeuert.

Die Schliche werden auf den hintersten Theil des Ofens zusammengebracht, mit den glühenden Kohlen bedeckt und stark erhitzt. Nach etwa einer halben Stunde wird zum Durchrühren geschritten und damit fortgefahren, bis nur wenig Bleitropfen wahrzunehmen sind. Darauf bringt man die Schliche wieder zusammen, bedeckt sie mit Kohlen, erhitzt fast bis zum Weißglühen, worauf dann wiederholt umgerührt wird. Diese Operation wird das Pressen genannt und wird fortgesetzt, so lange als die Masse noch Blei (Preßblei) giebt. Den Bleiverlust bei der ganzen Arbeit rechnet man in Bleiberg durchschnittlich zu 4 Proc. gegen den probemäßigen Gehalt der Erze. Das zu Bleiberg, Kreuth und Raibl gewonnene Blei ist besonders rein und geht in abgestutzten vierseitigen Pyramiden, die 6 Zoll hoch, auf den beiden entgegengesetzten Seiten 9 — 10 Zoll, auf den längeren aber 22—24 Zoll lang sind, und, wie die durchgeschlagenen römischen Zahlen zeigen, 200 — 250 Pfd. wiegen, unter dem Namen Villacher Blei in den Handel.

§. 96.

Englisches Verfahren.

Wenn man Bleiglanz bei starker Hitze kurze Zeit röstet, so entsteht nur wenig schwefelsaures Bleioxyd im Verhältniß zum unzersetzten Bleiglanz. Wird das so erhaltene Röstgut stark erhitzt, so entsteht neben kleinen Quantitäten von metallischem Blei wesentlich Bleisubsulfuret $Pb_2 S$:

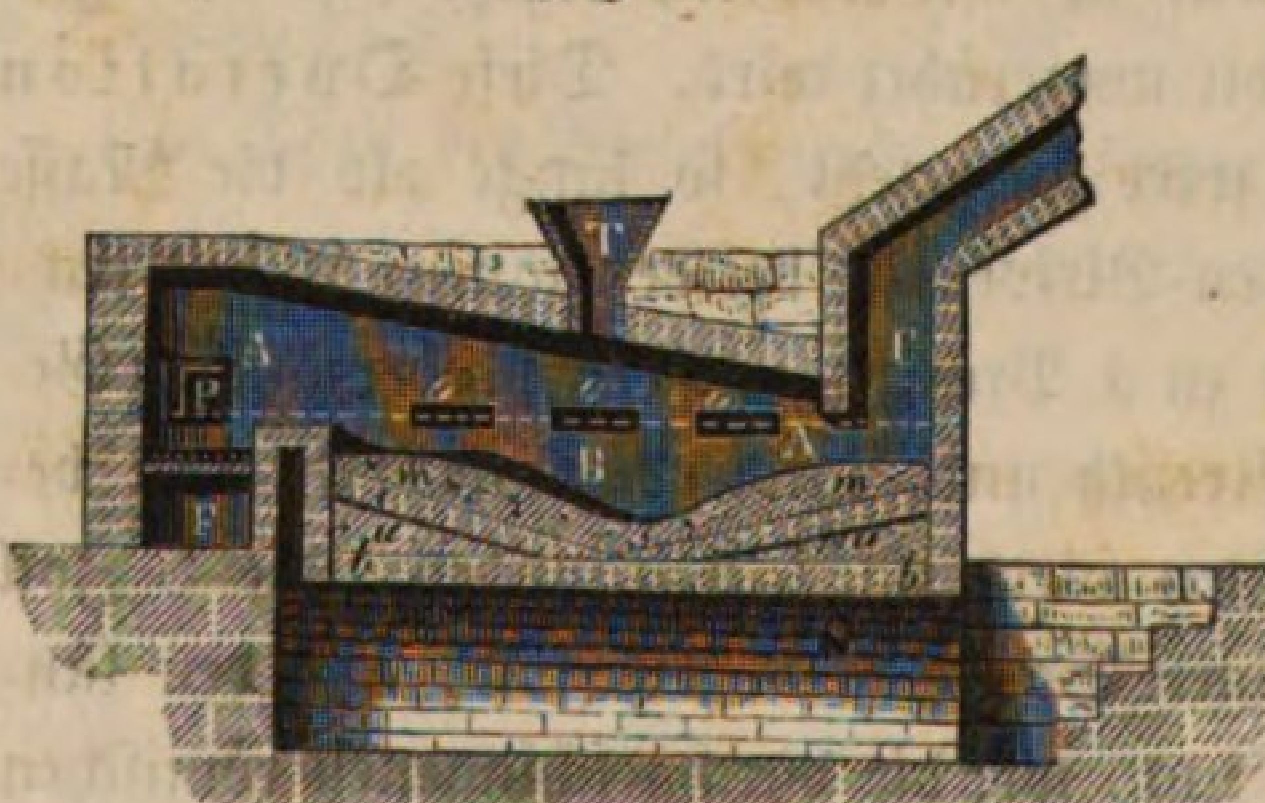
2 Aeq. Bleiglanz $2 Pb S$ u. 1 Aeq. schwefels. Bleioxyd PbO,SO_3	geben	1 Aeq. Bleisubsulfuret $Pb_2 S$ 1 Aeq. Blei Pb 2 Aeq. schweflige Säure $2 SO_2$.

Das Bleisubsulfuret enthält in 100 Th. 92,8 Th. Blei und 7,2 Th. Schwefel, ist ungleich leichtflüssiger und weniger flüchtig als der Bleiglanz, obgleich noch strengflüssiger und weniger feuerbeständig als das Blei. Dieses Sulfuret ist, so lange es sich im geschmolzenen Zustande befindet, vollkommen gleichartig und bleibt es auch beim schnellen Erkalten. Wird es aber nur so stark erhitzt, daß es sich in einem teigartig erweichten und nicht in einem flüssigen Zustande befindet, so zersetzt es sich in metallisches Blei und in Schwefelblei, welches in seiner Zusammensetzung fast ganz mit der des Bleiglanzes übereinstimmt. Auf diesen Proceß, Röstsaigerproceß genannt, mit welchem die Anwendung von Flammenöfen mit vertieftem Herde verbunden ist, gründet sich das englische Verfahren der Bleigewinnung.

§. 97.

Die gewöhnliche Einrichtung der Flammenöfen zum Verschmelzen der Bleierze in Derbyshire und Cumberland geht aus der Zeichnung Fig. 23 hervor.

Fig. 23.



Der Herd, welcher 9—10 Zoll hoch aus Schlacken zusammengeschmolzen ist, welche bei der Arbeit selbst gefallen sind, ruht auf einer massiven Mauer. Die Gestalt des Schmelzherdes ergiebt sich aus der Zeichnung. Die Fläche desselben ist von allen Seiten gegen die eine lange Seite des Ofens, oder gegen die Abstichseite geneigt. Hier befindet sich die Abstichöffnung und in deren tiefster Stelle das Stichloch a, aus welchem das Blei in den Vortiegel abfließt. Der Ofen ist mit sechs Thüröffnungen ver-

sehen, von denen sich drei auf der Abstichseite und eine gleiche Anzahl auf der Rückseite befinden. Die zu verhüttenden Erze werden durch eine verschließbare, trichterförmige Oeffnung auf den Herd des Ofens gebracht. Gewöhnlich werden jedesmal 16 Ctr. Bleischliche eingetragen und in einer Zeit von 6—7 Stunden verarbeitet. Der Aufwand an Steinkohlen beträgt, dem Gewichte nach, ungefähr die Hälfte des Gewichtes der Erze. Das Erz wird gleichmäßig über den Herd ausgebreitet. Hierauf verschließt man die Thüren des Ofens, damit dieser allmälig sich erwärme. Nach zwei Stunden öffnet man wieder, bis der den Ofen erfüllende Rauch verschwunden ist. Dann schließt man aufs Neue und giebt ein starkes Feuer. Später werden die Thüren zum zweiten Male geöffnet und das Erz abwechselnd durch die eine und die andere Seitenöffnung des Ofens umgerührt. Die Masse wird nun teigig und das Blei rinnt von allen Seiten ab. Man setzt die Arbeit des Umrührens etwa eine Stunde lang fort und dann fängt die Masse an, in einen fast flüssigen Zustand überzugehen. Diese Neigung zum Flüssigwerden befördert man durch Zusätze von Flußspath, welche man mit der schmelzenden Masse zusammenrührt, dann die Thüren verschließt und zum dritten Mal ein starkes Feuer giebt. Sobald sie vollkommen dünnflüssig ist, läßt man die oberste Schlacke abfließen. Man bringt diese Schlacke durch Begießen mit Wasser zum Erstarren. Man nennt sie weiße Schlacke (*white slag*) oder Macaronischlacke; sie ist von weißer oder lichtgrauer Farbe, hat ein emailleähnliches Aussehen und enthält oft bis zu 22 Proc. schwefelsaures Bleioxyd. Durch die mittlere Thür wird dann Steinkohlenklein geworfen, um die auf dem Metalle zurückgebliebene zähflüssige und noch reichhaltige Schlacke zum Erstarren zu bringen. Zuletzt wird die Stichöffnung aufgemacht und das Blei in den Stichtiegel abgestochen.

Die englischen Bleierze sind mehr oder weniger silberhaltig und werden nach dem Verfahren von Pattinson (s. Silber) entsilbert.

§. 97.

Französisches Verfahren.

Wird Bleiglanz bei anhaltender und nach und nach gesteigerter Rösthitze geröstet, so geht derselbe zum größten Theil in schwefelsaures Bleioxyd über. Unterbricht man das Rösten in dem Zeitpunkte, wo neben vorherrschendem schwefelsaurem Bleioxyd noch unzersetzter Bleiglanz vorhanden ist, und erhöht die Temperatur, jedoch nicht bis zum Schmelzen des Röstgutes, so bildet sich unter Entweichen von schwefliger Säure Bleioxyd, welches durch die Kohle reducirt wird:

1) 3 Aeq. schwefels. Bleiox. $3 PbO, SO_3$ } geben { 4 Aeq. Bleioxyd $4 PbO$
1 „ Bleiglanz $Pb S$ } geben { 4 „ Aeq. schweflige Säure $4 SO_2$.

2) 4 Aeq. Bleioxyd } geben { 4 Aeq. Blei
4 „ Kohle } geben { 4 „ Kohlenoxydgas.

Das unzersetzt gebliebene schwefelsaure Bleioxyd wird durch die Kohle unter Entwicklung von Kohlensäure zu Schwefelblei reducirt ($PbO, SO_3 + 2 C = 2 CO_2 + PbS$); bei überschüssigem schwefelsaurem Bleioxyd wird nur die Hälfte desselben in Schwefelblei übergeführt ($2 PbO, SO_3 + 2 C = PbO, SO_3 + PbS + 2 CO_2$). Bei hoher Temperatur setzen sich, wie bei dem Kärtner Schmelzproceß, Schwefelbei und schwefelsaures Bleioxyd zu schwefliger Säure und metallischem Blei um. Ist das Verhältniß des vorhandenen schwefelsauren Bleioxydes und der Kohle wie 4 Aeq. zu 2 Aeq., so entsteht zuerst bei niedrigerer Temperatur 1 Aeq. Schwefelblei:

4 Aeq. schwefels. Bleiox. $4 PbO, SO_3$ } geben { 3 Aeq. schwefels. Bleioxyd $3 PbO, SO_3$
2 „ Kohle $2 C$ } geben { 1 „ Schwefelblei PbS
2 „ Kohlensäure $2 CO_2$,

welches mit den 3 Aeq. schwefelsaurem Bleioxyd in Wechselwirkung tritt:

1 Aeq. Schwefelblei PbS } geben { 4 Aeq. Bleioxyd $4 PbO$
3 „ schwefels. Bleioxyd $3 PbO, SO_3$ } geben { 4 „ schweflige Säure $4 SO_2$.

Zu Poullaouen in der Bretagne wird eine Beschickung von Erzen mit durchschnittlich 54 Proc. Blei und 10 Loth Silber im metrischen Centner, in welchem Schwefelkies, Zinkblende und Quarz enthalten sind, verschmolzen. Der erste Schmelzposten von 500 Kilogr., welcher in den Ofen eingetragen wird, dient dazu, den Herd mit Bleioxyd und schwefelsaurem Bleioxyd zu tränken. Nach etwa 24 Stunden wird das vom Herd nicht Absorbirte aus dem Ofen entfernt, und die Ladungen, welche immer mehr Blei geben, werden so weit verstärkt, daß mit dem neunten Posten der Ofen seine volle Ladung 1300 Kilogr. hat. Mit dem 13 bis 15 Posten geschieht das Ausbringen von Werkblei regelmäßig und der Ofen kommt in den erforderlichen Gang. Nach dem Eintragen des Erzes erhitzt man, bis sich auf der Oberfläche des Röstgutes eine Rinde von schwefelsaurem Bleioxyd gebildet hat, wodurch der Anfang der Röstung angezeigt wird. Nachdem die Rinde mit dem Röstgute gemischt worden ist, fängt das letztere an, sich zu Klumpen zu vereinigen, wobei einzelne Tropfen von Werkblei sich zeigen. Das Röstgut wird erforderlichen Falles mit Kohlenklein steifer gemacht und zur Reduction des durch Reaction von schwefelsaurem Bleioxyd auf Bleiglanz entstandenen Bleioxydes mit Holz gemengt, bis sich nach 4—5 Stunden, vom Anfang der Bildung des Werkbleies an gerechnet, der Sumpf mit Blei gefüllt hat. Darauf wird die Temperatur gesteigert und das Umrühren des Röstgutes und das

Vermengen mit Holz fortgesetzt, nach $1^1/_2$ Stunden zum zweiten Male und nach abermals $1^1/_2$ Stunden zum dritten Male das Werkblei abgestochen. Sobald das Bleiausbringen, nach etwa 16 Stunden, so geringe wird, daß der Werth desselben mit den Kosten der Feuerung und des Arbeitslohnes nicht mehr im Verhältniß steht, hört man mit der Feuerung auf, entfernt die sämmtlichen auf dem Herde befindlichen Rückstände, die, bei einem Bleigehalte von 20 — 30 Proc., in einem niedrigen Schachtofen verschmolzen werden.

§. 98.

Zu Pesey oder Pezau in Savoyen bedient man sich eines ähnlich construirten Flammenofens wie zu Poullaouen, das Arbeitsverfahren ist aber ein etwas anderes. Der Herd des Ofens hat größere Dimensionen und ist durch eine verticale Scheidewand in zwei durch eine Oeffnung miteinander in Verbindung stehende Räume getheilt. Während in der vorderen, der Feuerbrücke zunächst liegenden Abtheilung reducirt wird, röstet man in der hinteren und erzielt dadurch größere Ausbeute an Blei bei geringerem Verbrauch an Brennmaterial. Das erfolgende Blei enthält noch viel Schwefelblei, von welchem es befreit werden muß. Das Reinigen des Bleies, das auch zu Poullaouen vorgenommen werden muß, wird auf folgende Weise ausgeführt. Man wirft in das heiße Blei Hobel- und Sägespäne und darauf etwas Pech; man rührt mit einem Löffel um, wodurch ein dicker Rauch sich bildet. Kurz darauf zündet man die Holzspäne an und rührt hastig um, damit die kohlige brennende Masse mit dem Blei und dem Schwefelblei in Berührung komme. Sobald die Flamme auszulöschen droht, wirft man frisches Pech darauf und fährt auf diese Weise 15—20 Minuten fort.

§. 99.

Französische Niederschlagsarbeit.

Bei der französischen Niederschlagsarbeit in Flammenöfen — zu Viennes im Departement Poitou üblich — befördert man die Zerlegung der gerösteten Erze durch einen Zusatz von metallischem Eisen. Sie erlaubt die Verhüttung solcher Erze, welche durch den englischen und gewöhnlichen französischen Flammenofenproceß in Folge ihres großen Gehaltes an Erden und fremden Schwefelmetallen nicht mit Vortheil verarbeitet werden können. Man schüttet auf die Herdsohle eines Flammenofens mit Steinkohlenfeuerung 20 Ctnr. Erz und fügt, nachdem einige Stunden gefeuert worden und die Masse gehörig geschmolzen ist, 5—6 Ctnr. altes Eisen hinzu. Die Masse wird behufs der Bildung von Schwefeleisen umgerührt; letzteres

schwimmt auf der Oberfläche der flüssigen Masse, während das Blei in den Sumpf fließt. Eine Schmelzung liefert 8 — 10 Ctnr. Blei und außerdem einen Stein, welcher Schwefeleisen enthält und beseitigt wird.

§. 100.

Gewinnung des Bleies aus dem Bleiglanz.

(In Schachtöfen.)

Solche Bleierze, welche in Folge eines zu großen Gehaltes an fremden Beimischungen in den Flammenöfen nicht verhüttet werden können, behandelt man in Schachtöfen mittelst

a) der Niederschlagsarbeit (vergl. §. 96);
b) der Röstarbeit oder ordinären Bleiarbeit;
c) der vereinigten Röst- und Niederschlagsarbeit.

Niederschlagsarbeit.

Die Niederschlagsarbeit (methode de précipitation) erfordert keine Röstung des Erzes, sondern man verschmelzt dasselbe sofort nach der Aufbereitung unter Zusatz von Eisen, Eisenerzen, Frischschlacken in Schachtöfen:

Bleiglanz PbS Eisen Fe	geben	Blei Pb Schwefeleisen FeS.

Oxydirte Eisenerze und Frischschlacken wirken auch noch durch ihren Sauerstoff entschwefelnd. Die Niederschlagsarbeit hat den Vortheil vor der Röstarbeit, daß sie, da das Rösten wegfällt, einfacher ist; auf der anderen Seite ist sie aber auch kostbarer, da das Eisen in den Schlacken verloren geht und der sich bildende Stein nicht unbedeutende Mengen von Blei zurückhält, durch deren Gewinnung die Operation verwickelt wird. Der Theorie nach soll der Stein allerdings nur aus Schwefeleisen bestehen, letzteres hat jedoch große Neigung, Sulfosalze zu bilden, und nimmt deshalb stets Schwefelblei, sowie andere im Bleierz enthaltene Schwefelmetalle wie Schwefelkupfer und Schwefelsilber auf.

Fig. 24, 25 und 26 zeigen einen Bleischmelzofen. B ist der Ofenschacht, C D der Herd und Tiegel des Ofens und, wie die Zeichnung zeigt, zum Theil außerhalb des Ofens. Von D kann durch einen Canal das flüssige Metall in den Stichtiegel abgelassen werden. Die aus dem Schachte entweichenden Gase gehen, ehe sie in die Esse F gelangen, durch Kammern, in welchen sich die durch das Gebläse O fortgerissenen Erztheilchen absetzen. Die gattirten Erze, mit Eisengranalien vermischt, werden in abwechselnden Schichten in den

Fig. 24.

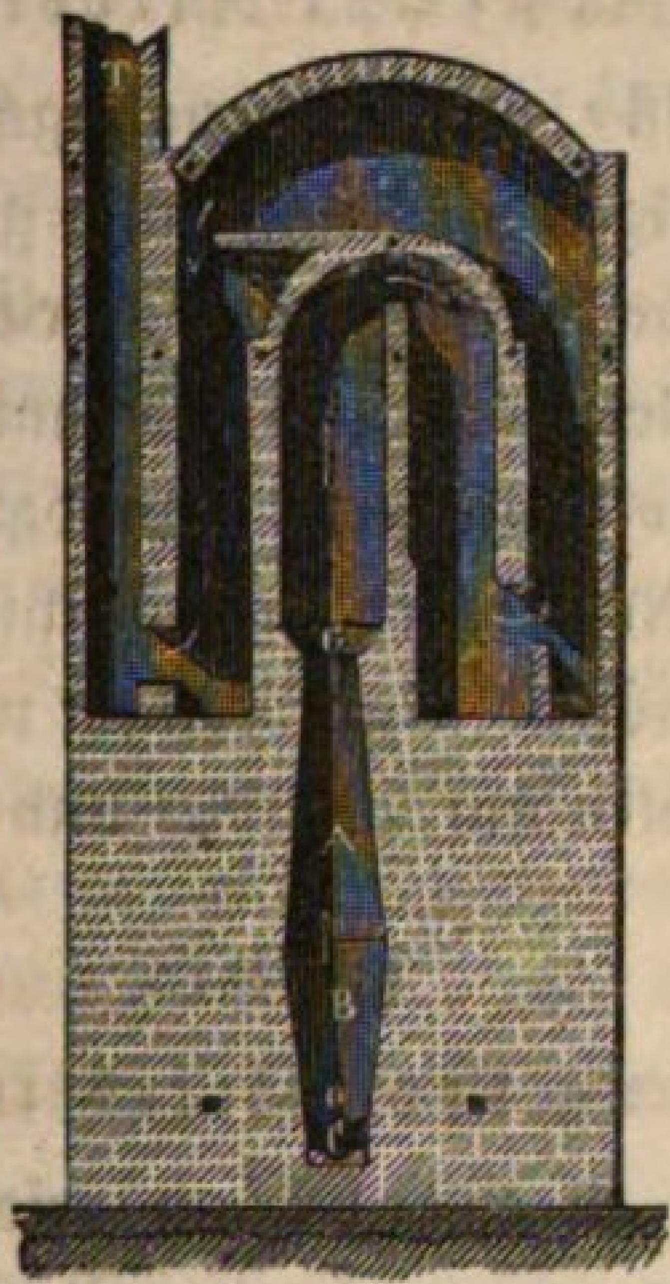


Fig. 25.

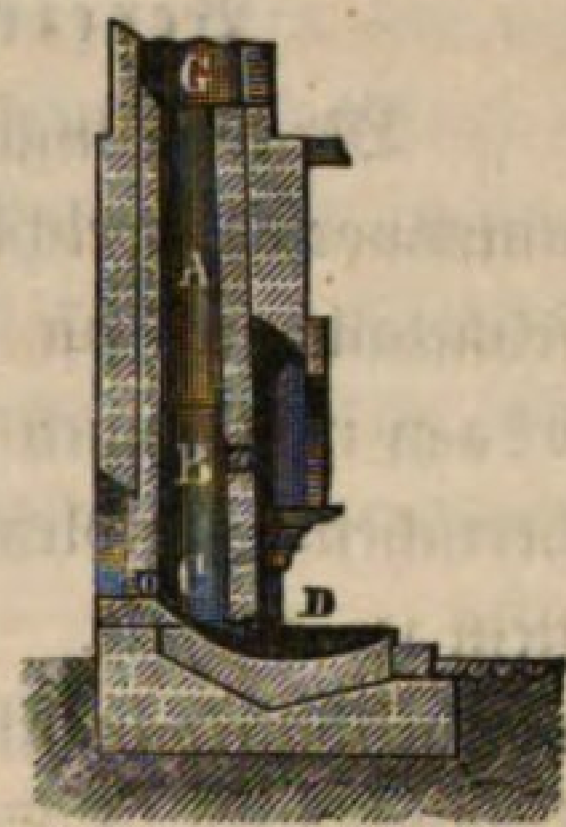
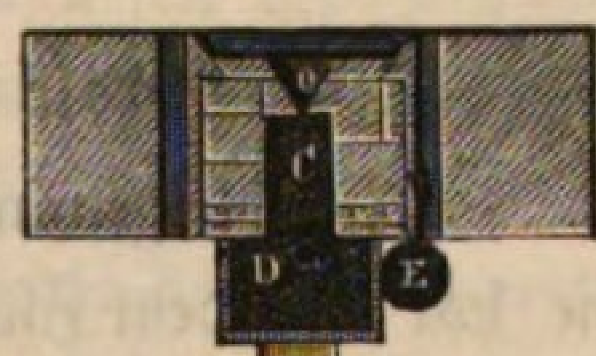


Fig. 26.



Ofen eingetragen. Die flüssigen Producte sammeln sich in dem Tiegel D an. Die Producte sind silberhaltiges Blei und Bleistein mit 30 und mehr Pfund Blei und 3 und mehr Loth Silber im Centner, ferner mit einem größern oder geringeren Kupfergehalte. Je nach der Quantität und Qualität der in dem Steine enthaltenen Metalle wird derselbe geröstet und auf Vitriol oder Cementkupfer verarbeitet oder mit reichen Bleischlacken und Eisengranalien verschmolzen und auf Blei verarbeitet.

Die Gewinnung des Bleies vermittelst der Niederschlagsarbeit findet stets auf dem Oberharz (Clausthal, Altenau, Lauterthal, Andreasberg), zu Sala in Schweden, bei Commern in der Eifel, zu Holzappel an der Lahn, auf der Friedrichshütte zu Tarnowitz in Oberschlesien ꝛc. statt.

§. 101.

Röstarbeit oder ordinäre Bleiarbeit.

Bei dieser Art der Bleigewinnung, welche gewöhnlich bei armen Bleierzen, welche große Mengen von Zinkblende, Kupferkies, Schwefelkies u. s. w. enthalten, angewendet wird, entfernt man den Schwefel durch Röstung in freien Haufen und scheidet das Blei durch reducirende Schmelzung des Röstgutes ohne eisenhaltige Zuschläge ab. Das bei dieser Röstarbeit erfolgende Werkblei ist in der Regel unreiner und spröder als das bei der Niederschlagsarbeit erhaltene; es enthält Antimon, Arsenik, Kupfer, Silber, Schwefelblei und wird behufs der Gewinnung des darin enthaltenen Silbers dem Abtreiben oder dem Pattinsoniren unterworfen. Der fallende Bleistein wird auf ähnliche Weise, wie bei der Niederschlagsarbeit angegeben, zu gute gemacht. (Unterharz, Villefort, Fahlun in Schweden.)

§. 102.

Vereinigte Röst- und Niederschlagsarbeit.

Der vereinigten Röst- und Niederschlagsarbeit werden solche Bleierze unterworfen, welche in Folge der Beimengung großer Mengen fremder Schwefelmetalle sich für die reine Niederschlagsarbeit nicht eignen. Zu Przibram in Böhmen verhüttet man einen silberhaltigen Bleiglanz, welcher vorherrschend Zinkblende, Rothgültigerz, Sprödglaserz, Fahlerz, Spatheisenstein rc. enthält. Das Rösten der Erze geschieht entweder in Haufen oder vortheilhafter in Flammenöfen. Das Röstgut wird mit Roheisen oder Eisenfrischschlacken in Schmelzöfen auf Werkblei und Stein verschmolzen.

§. 103.

Gewinnung des Bleies in Herdöfen.

Die Bleigewinnung in Herdöfen erfordert einen reinen Bleiglanz; sie hat vor dem Flammenofenbetriebe den Vortheil schnellerer Arbeit, geringeren Brennstoffverbrauches und einer reineren Bleiausbeute. Es sind nur geringe Anlagen erforderlich und die Operation kann beliebig unterbrochen werden. Der Verlust an Blei ist dagegen etwas bedeutender als bei dem Flammenofenbetriebe. Die Bleigewinnung in schottischen Herden ist in Northumberland, Cumberland und Durham allgemein gebräuchlich. Die Schmelzmethode in diesen schottischen Oefen stimmt in den Principien fast gänzlich mit dem Schmelzverfahren in Flammenöfen überein. Die unvollständig gerösteten Erze, welche in den schottischen Oefen verarbeitet werden, enthalten Bleiglanz, schwefelsaures Bleioxyd und etwas Bleioxyd. Sie befinden sich durchaus in dem Zustande, in welchem die Bleierze in den englischen Flammenöfen verarbeitet werden und der eigentliche Unterschied in der weiteren Behandlung ist nur der, daß die zur Bildung des Bleisubsulfuretes (Pb_2S) und zur Aussaigerung des Bleies aus dieser Verbindung erforderliche Temperatur in den Flammenöfen durch die Flammen der Steinkohlen, dagegen in den schottischen Herden durch das langsame Verbrennen von Koks erzeugt wird. In den schottischen Herden hat die Luft fast von allen Seiten Zutritt, so daß, obgleich die Erze mit Kohle in Berührung sind, die Gelegenheit zur Zersetzung des aus dem Bleisubsulfurete entstandenen Schwefelbleies reichlich geboten ist. Die Temperatur darf nicht bis zum Flüssigwerden der Masse erhöht werden. Die Temperatur muß jedoch hinreichend hoch sein, damit überhaupt Bleisubsulfuret sich bilden kann, und diese Temperatur übertrifft stets die, bei welcher die genannte Verbindung in Schwefelblei und metallisches Blei zerfällt. Bei dem Flammen-

ofenbetriebe bewirkt man die Zerlegung des Bleisubsulfuretes durch Erniedrigung der Temperatur; in den schottischen Herden wendet man ein anderes Mittel an, man nimmt die erweichte Masse mit Hülfe von Zangen aus dem Ofen, überläßt sie vor demselben auf kurze Zeit der Abkühlung und bringt sie dann wieder in den Ofen zurück. Bei einem guten Gange sollen in einer Stunde 2 Ctr. geröstetes Erz verarbeitet werden, woraus 130 Pfd. Werkblei und 36—40 Pfd. Rückstände erfolgen, welche noch etwa 20 Proc. Blei geben, so daß aus dem Erz überhaupt ungefähr 69 Proc. Blei gewonnen werden.

Eine Abänderung des schottischen Herdes ist der zu Rosie im Staate New-York, zu Bleiberg im Kärnten ꝛc. gebräuchliche nordamerikanische Herd. Die Arbeit darin weicht nach Kerl von der schottischen Methode darin ab, daß der rohe reine Bleiglanz direct in dem Ofen bei Holzfeuer unter Anwendung von erhitzter Gebläseluft verhüttet wird. Oberhalb der Form verwandelt sich der Bleiglanz unter Entwickelung von schwefliger Säure in Bleisubsulfuret und schwefelsaures Bleioxyd, welche vor der Form metallisches Blei geben.

§. 104.

Gewinnung des Bleies aus oxydirten Erzen.

Nur das kohlensaure Bleioxyd kommt als Weißbleierz unter den oxydirten Bleierzen in genügender Quantität vor, um auf Blei verarbeitet werden zu können. Man reducirt es in Flammenöfen; man mischt zu diesem Zwecke das Erz mit Koksstückchen und bedeckt es mit alten Schlacken. Durch einen hohen Schornstein erreicht man schnell die erforderliche Temperatur, bei welcher die Reduction erfolgt. Das in der Eifel sich findende kohlensaure Bleioxyd wird mit Kalkstein und Frischschlacken vermengt, in Krummöfen verschmolzen.

§. 105.

Aus den Producten der Treibarbeit (siehe Silber): Bleiglätte, Abzug und Abstrich, erhält man durch das Glättfrischen das Frischblei (Weichblei, Glättblei, plomb raffiné, plomb doux, *refined lead*), aus dem Abstrich ein unreines, antimonhaltiges Blei, das Hart- oder Abstrichblei (plomb aigre, plomb d'écume), welches zur Schrotgießerei und zur Herstellung der Buchdruckerlettern Anwendung findet. Unter Werkblei (plomb d'oeuvre, *raw lead*, *workable lead*) versteht man das durch Röst- oder Niederschlagsarbeit gewonnene Blei, welches so viel Silber enthält, daß dessen Gewinnung durch den Treibproceß oder durch das Pattinsoniren lohnt.

Das Zinn.

§. 106.

Das Zinn (étain, *tin*) scheint seit den ältesten Zeiten bekannt zu sein. Homer nennt es wegen seiner Biegsamkeit *όκασσιτερος έανος*. Aristoteles, der 322 v. Chr. starb, redet von den Zinngruben in Cornubia, dem heutigen Cornwall. Plinius kennt das Zinn, welches er *Stannum* nennt, sehr gut und selbst die Verzinnung der kupfernen Gefäße ist ihm nicht unbekannt. Dessenungeachtet hält er das *κασσιτερος* der Griechen für eine Art Blei und nennt es *Plumbum album*, zum Unterschiede von dem eigentlichen Blei, *Plumbum nigrum*. Die Zinninseln (Kassiteriden) der Griechen — wahrscheinlich Britannien — hält er für eine Fabel. Daß übrigens auch sein *Plumbum album* Zinn sei, ist außer allem Zweifel, denn er spricht im 16 Cap. seiner *Historia naturalis* ganz deutlich von den Zinnseifen Lusitaniens und Galliciens.

§. 107.

Eigenschaften des Zinnes.

Das Zinn besitzt eine silberweiße Farbe mit einem geringen Stiche ins Bläuliche, verbunden mit dem vollkommensten Metallglanze, welcher dem Glanze des Silbers sehr nahe kommt. Nächst dem Blei ist das Zinn das weichste der Metalle, doch besitzt es schon so viel Härte, daß eine frei schwebende Zinnstange beim Anschlagen einen Klang hören läßt. Reines Zinn nimmt die Eindrücke mit dem Nagel des Fingers kaum mehr an. Beim Biegen knirscht es (cri d'étain) um so stärker, je reiner es ist. Das Zinn ist außerordentlich geschmeidig und läßt sich zu dünnen Blättern (Stanniol) ausstrecken. Die Dehnbarkeit ist geringer. Beim Reiben ertheilt das Zinn den Fingern einen eigenthümlichen und lange anhaftenden Geruch. Das spec. Gewicht des reines Zinnes ist 7,28, das durch Hämmern und Walzen bis auf 7,47 erhöht werden kann. Ein Kubikfuß Zinn kann je nach den vorhandenen Verunreinigungen 375—400 Pfd. wiegen. Bis fast auf den Schmelzpunkt erhitzt, wird das Zinn spröde und läßt sich durch kräftige Hammerschläge zertheilen. Sein Schmelzpunkt ist bei 235°. Dient das Zinn zu Gußwaaren, so hängen Glanz und Festigkeit gänzlich von der Temperatur des geschmolzenen Zinnes im Augenblicke des Ausgießens ab; war es so stark erhitzt, daß die Oberfläche des Metalles Regenbogenfarben zeigte, so erscheint es nach dem Erstarren auf der Oberfläche gestreift und rothbrüchig, war es dagegen zu wenig erhitzt, was sich durch das matte Ansehen der Oberfläche zu erkennen gibt, so ist es auch nach dem Erstarren matt und kalt-

brüchig. Das Zinn hat nach dem Erstarren den größten Glanz und die meiste Festigkeit, wenn die entblößte Oberfläche des flüssigen Metalles rein und spiegelhell erscheint. Bei starker Weißglühhitze beginnt das Zinn zu sieden und sich langsam zu verflüchtigen. Das geschmolzene Zinn bedeckt sich an der Luft mit einer grauen, aus Zinnoxydul und metallischem Zinn bestehenden Haut, Zinnkrätze (crasse d'étain) genannt. Durch fortgesetztes Schmelzen bei Luftzutritt verwandelt sich das Zinn vollständig in gelblichweißes Zinnoxyd (Zinnasche, potée d'étain, *tin-putty*). An der Luft büßt das Zinn nach und nach seinen Glanz ein.

§. 108.

Von allen Zinnsorten werden die von Banca und Malacca in Ostindien am meisten geschätzt. Das Malaccazinn (*straits tin*) kommt in vierkantigen Blöcken von 1—2 Pfd. Gewicht, das Bancazinn in Barren von 40—130 Pfd. vor. Dem ostindischen Zinn kommt an Güte nahe das englische Kornzinn (*grain tin*), welches aus dem Seifengebirge (*stream tin*, im Gegensatz von *mine tin*, worunter man in England das auf den Gängen noch anstehende und beim Grubenbetriebe gewonnene Erz versteht) gewonnen wird. Außer Spuren von Eisen und Kupfer enthält das Zinn in der Regel $^1/_{10}$ Proc. Wismuth. Das unreinere Zinn, das aus Erzen in Gruben gewonnen wird, heißt Blockzinn oder gemeines Zinn (étain en saumons, *ordinary tin*, *block tin*), es kommt in Blöcken oder fingerdicken Stangen in den Handel. Das reinere Zinn, welches durch eine Reinigungsarbeit gewonnen wird, heißt *refined tin*.

Schon kleine Mengen von Beimengungen fremder Metalle beeinträchtigen die Eigenschaften des Zinnes. Ein Kupfergehalt von 1 Proc. macht das Zinn härter und weniger geschmeidig und wirkt nachtheilig auf die Farbe, ohne jedoch den Glanz zu vermindern. 0,5 Proc. Eisen macht schon die Farbe und den Glanz des Zinnes unansehnlich. 0,5 Proc. Arsenik vermindert den Glanz des Zinnes und seine Festigkeit und ändert die silberweiße Farbe in eine weißgraue um. Eine Beimengung von 1 Proc. Blei giebt dem Zinn schon ein mattes Ansehen und eine graue Farbe. Durch Verschmelzen bei möglichst niedriger Temperatur auf gegen den Horizont geneigten Flächen kann das Blei ziemlich vollständig getrennt werden, indem das Zinn aussaigert und eine schwerer schmelzbare Legirung von Zinn mit Blei zurückbleibt. Eine Verunreinigung von 0,5 Proc. Antimon und Wismuth beeinträchtigen zwar nicht den Glanz des Zinnes, wol aber die Geschmeidigkeit; auch ertheilen Antimon und Wismuth dem Zinn ein krystallinisches An-

sehen, welches besonders bei der Anwendung des Zinnes zum Verzinnen nachtheilig wirkt.

Zinnerze.

§. 109.

Es giebt nur ein einziges für die Zinngewinnung wichtiges Zinnerz, nämlich den Zinnstein (Zinngraupen, étain oxidé, cassitérite, *tinstone*) mit 78,6 Proc. Zinn, der sich im Urgebirge, auf Gängen und Lagern im Granit, Gneuß, Syenit, als Gemengtheil mancher Felsarten (Greisen, Zinnzwitter), begleitet von Bergkrystall, Glimmer, Flußspath, Apatit, Topas, Wolfram, Arsenikkies, Kupferkies, Zinkblende ꝛc. findet. Man nennt solche Formationen Stockwerke, dahin gehören die von Geier und Altenberg im Königreich Sachsen und das bei St. Austle in England. Sehr viele Zinnerze finden sich aber nicht mehr an den Stellen, wo sie ursprünglich sich befanden. Gebirgsarten, welche den Zinnstein umschlossen, wurden im Laufe der Zeit zersetzt und ihre Trümmer durch Strömungen fortgeführt. Am Fuße von Gebirgen, auf deren Gehänge und in Thälern trifft man überdeckt von Torf oder von fruchttragender Erde, oder auch mit Wald bewachsen im sächsischen Erzgebirge (bei Eibenstock), im böhmischen Erzgebirge, in Cornwall und Ostindien mächtige Ablagerungen eines solchen zinnsteinhaltigen, aufgeschwemmten Bodens. Granittrümmer und Rollsteine, nicht selten sehr reich an Zinnerz, erscheinen auf bedeutenden Strecken, und oft zwölf bis fünfzehn Fuß hoch, im granitischen Gneuß, im quarzigen Sande, in Thon und Lehm. Um aus derartigen Ablagerungen die metallreichen Gesteinstücke zu gewinnen, um Sonderung des Unhaltigen zu veranlassen, wird das lose Material durch Graben geflößt, in welche man Wasser leitet. Diese Arbeit nennt man das Seifen und von jenem Ausdruck ist die Benennung Seifengebirge abzuleiten, womit der erzhaltige Diluvialboden bezeichnet wird. Die Seifenwerke (*stream-works*, mines d'étain de lavage) legt man an, wenn das Zinn in genügender Menge in dem Seifengebirge vorkommt. Das sogenannte Holzzinn (étain xyloïde, *wood tin*, *toad's eye wood tin*) und der splitterige Zinnstein finden sich vorzugsweise in den Zinnseifen; ersteres ist eine fasrige Varietät des Zinnsteins, welche 5—9 Proc. Eisenoxyd enthält.

Zuweilen findet sich mit dem Zinnstein in untergeordneten Mengen der Zinnkies (étain pyriteux, *tin pyrites*) ($2\,Cu_2S + SnS_2) + 2\,(FeS, ZnS)$ mit 26—29 Proc. Zinn und 26—30 Kupfer.

Gewinnung des Zinnes.

§. 110.

Die Aufbereitung des Zinnerzes der Seifen ist sehr einfach. Es wird die das Zinnerz führende Erdschicht auf einem großen Schlämmgraben verwaschen, was leicht auszuführen ist, indem die erdigen Beimengungen von der Herdfläche niedergespült werden, so daß nur die schwereren Theile aus Geschieben, welche Zinnerz eingesprengt enthalten, bestehend, auf dem Herde zurückbleiben. Von metallischen Beimengungen ist nur der Rotheisenstein vorhanden. Die rein gewaschenen Erze werden zum Siebsetzen gegeben u. s. w. Weit weniger einfach ist die Aufbereitung der Zinnerze, die sich auf ihren ursprünglichen Lagerstätten finden. Die gewonnenen Erze gehen zuerst den Weg der trocknen und der nassen Aufbereitung; nur sehr selten finden sich die Erze so derb oder so grob eingesprengt vor, daß durch die trockne Aufbereitung und durch das Siebsetzen ein Theil des Erzes der nassen Aufbereitung entzogen werden könnte. Für die Wascharbeiten bedient man sich in England der geneigten Schlämmgraben und für den zähesten Schlamm einer Art von Kehrherd. In Sachsen brennt man das Erz vorerst in offenen Haufen und unter freiem Himmel, wodurch eine leichtere mechanische Zerkleinerung der Erze erreicht wird. Das Verwaschen des Pochmehls geschieht in Sachsen theils auf Stoßherden, theils auf Kehrherden. Die aufbereiteten Zinnerze sind aber außer mit etwas Gangart noch mit Arsenikkies, Schwefelkies, Kupferkies, Magneteisenstein, Wolfram, Zinkblende, Rotheisenstein u. s. w. verunreinigt, weil sich in Folge des ähnlichen spec. Gewichts diese Mineralkörper durch das Waschen ohne großen Verlust an Zinnerz nicht vollständig trennen lassen. Man unterwirft deshalb den durch Waschen etwas concentrirten Zinnstein der Röstarbeit, wodurch mit alleiniger Ausnahme des Wolframs die fremden Metalle zum Theil verflüchtigt, zum Theil auch in specifisch leichte und zerreibliche Oxyde übergeführt werden. Nach erfolgtem Abrösten gelangen die Erze zum zweiten Male in die nasse Aufbereitung, nämlich zum Reinwaschen auf den Stoß- und Kehrherden. In Cornwallis, wo man mit Kupfererzen stark verunreinigte Zinnerze verarbeitet, setzt man die aus dem Röstofen gezogenen Schliche zuerst einige Zeit lang der Luft aus und laugt sodann mit Wasser den darin enthaltenen Kupfervitriol aus, aus welchem man durch altes Eisen Cementkupfer niederschlägt. Mitunter gewinnt man bei dem Rösten der Zinnerze arsenige Säure als Nebenproduct.

Zur möglichst vollständigen Beseitigung der durch das Rösten und Reinwaschen nicht zu entfernenden Metalloxyde ist von Plattner und Michell vorgeschlagen worden, die gepochten Erze mit verdünnter Salzsäure zu dige-

riren und dann mit Wasser auszulaugen. Wolfram läßt sich auch hierdurch nicht entfernen.

Nach Orland soll der Wolfram dadurch von dem Zinnstein getrennt werden können, daß man die aufbereiteten und erforderlichen Falles auch gerösteten Zinnerze mit Glaubersalz und Kohlenstaub mengt und das Gemenge in einem Flammenofen röstet. Aus dem den Zinnstein unverändert enthaltenden Röstgut wird durch siedendes Wasser wolframsaures Natron ausgelaugt, der Rückstand zur Entfernung des Eisenoxydes verwaschen und verschmolzen.

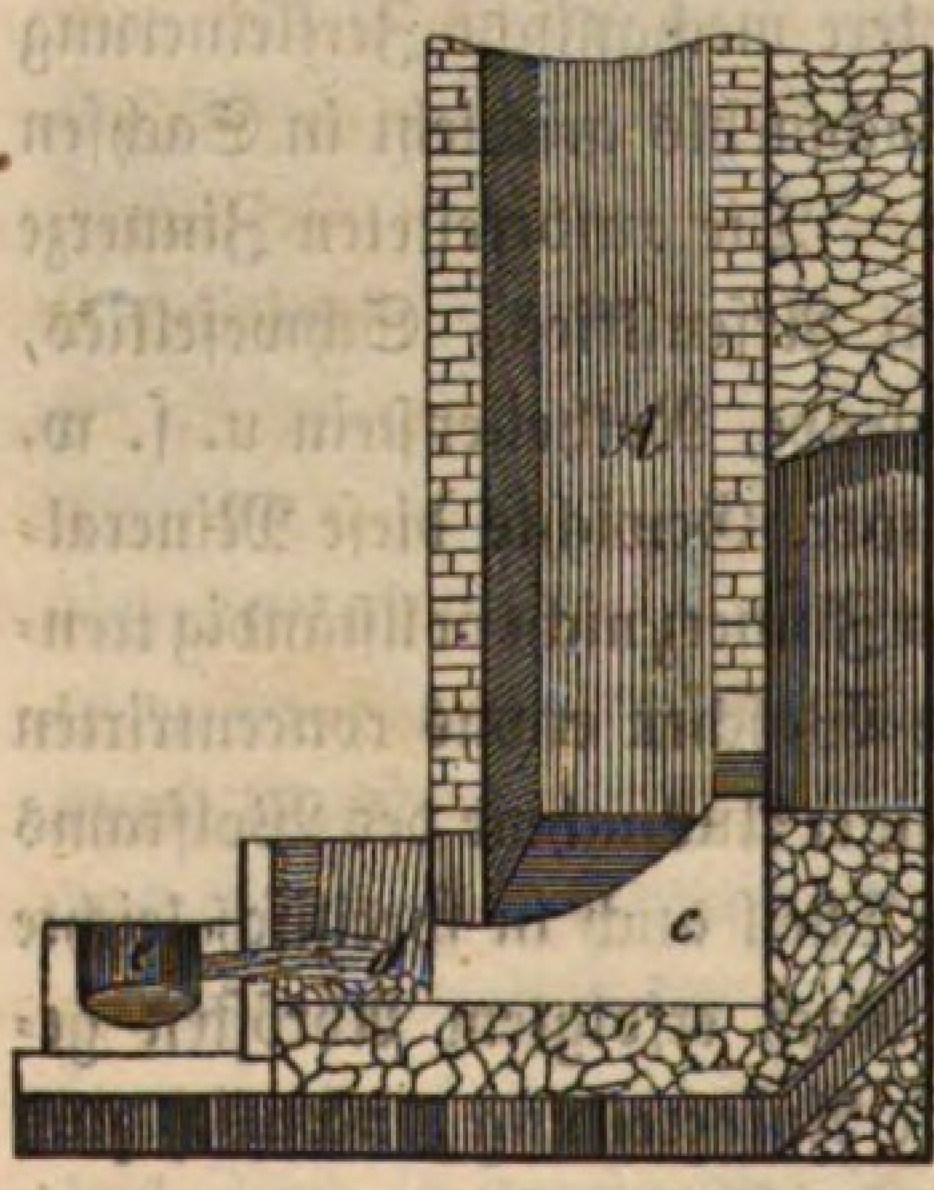
Das Verschmelzen der aufbereiteten Zinnerze geschieht entweder in Schachtöfen mit Fluggestübbekammern oder in Flammenöfen.

§. 111.

Verschmelzen der Zinnerze in Schachtöfen.

Nach dem zu Altenberg in Sachsen gebräuchlichen Verfahren wird das geröstete Zinnerz im Schachtofen (Fig. 27), dessen Wände aus Granit construirt und der auf einem Mauerwerke von Gneuß ruht, verschmolzen.

Fig. 27.



Ein solcher Ofen besteht aus dem Schacht A und dem Vorherd d, der Bodenstein c besteht aus einem Stück und ist muldenförmig nach d zugehauen. Die Gicht des Ofens steht mit Fluggestübbekammern in Verbindung. Der Vorherd d steht durch eine Stichöffnung mit einem eisernen Kessel in Verbindung; bei b mündet die Düse des Gebläses. Das Erz wird mit Kohlen geschichtet; das reducirte Zinn fließt neben Schlacke aus dem Schmelzraume auf den Vorherd d, von welchem es in den Kessel e fließt. Das so erhaltene Zinn wird gereinigt. Diese Reinigung besteht in einer Aussaigerung des Zinnes, Pauschen oder Durchlassen genannt. Der Pauschherd ist eine gemauerte, mit schwerem Gestübbe bedeckte, gegen den Horizont geneigte Fläche, die in einen Tiegel endigt. Der Herd wird mit glühenden Kohlen bedeckt und das Zinn mittelst eiserner Kellen auf die Kohlen gegossen, damit es langsam durch dieselben hindurch ziehe. Die schwerer schmelzbaren Metalle bleiben halb erstarrt, mit Zinn vermischt, zwischen den Kohlen zurück. Diese Massen (Saigerdörren) werden mittelst hölzerner Schlägel ausgepreßt, um das in ihnen enthaltene Zinn zu gewinnen.

Die ausgepreßten Dörren werden bei dem Verschmelzen der Schlacken mit zugesetzt. Bei sehr unreinem Zinn wird das Pauschen ein-, auch wol zweimal wiederholt.

Wenn eisenhaltiges Zinn längere Zeit in sehr flüssigem Zustande bleibt, so scheiden sich aus ihm Körner einer aus Eisen und Zinn bestehenden Legirung ab. Diese Körner sintern und schmelzen unter sich wieder zusammen und bilden so die Härtlinge oder Hartbrüche, welche vorzüglich in dem Vorherde gefunden werden. Lampadius fand die Härtlinge aus Altenberger Zinnöfen bestehend aus 62,6 Th. Eisen, 30,5 Th. Zinn, außerdem Arsenik, Wolfram ꝛc. Durch Saigerung lassen sich die Härtlinge sehr schwer vollkommen entzinnen und das dabei erhaltene Zinn ist nicht rein. Man giebt sie deshalb theils beim Erz-, theils beim Schlackenschmelzen wieder auf.

§. 112.

Verschmelzen der Erze in Flammenöfen.

Bei dieser in England allgemein üblichen Methode erfolgt die Reduction des Zinnerzes auf dem Herde eines Flammenofens. Obgleich der Proceß hierbei schneller von statten geht, als im Schachtofen, ferner ein geringerer Zinnverlust stattfindet, ist das erfolgende Zinn doch minder rein, weil in Folge der hohen Temperatur ein gutes Theil der das Zinnerz verunreinigenden Metalloxyde, die im Schachtofen in die Schlacke gehen, reducirt werden. Hinsichtlich des Brennmaterialienverbrauches ist anzunehmen, daß zu 1 Th. Zinn in Schachtöfen mindestens $1^2/_3$ Th. Holzkohlen und im Flammenofen höchstens $1^1/_2$ Th. Steinkohlen verbraucht werden, wenn in beiden Fällen die Schmelzarbeit gut von statten geht.

In Cornwallis werden die mit Kupfererz, Wolfram, Schwefelkies ꝛc. verunreinigten Zinnerze aufbereitet, geröstet und wieder gewaschen, so daß sie einen Zinngehalt von 50—75 Proc. erlangen. Die Oefen sind mit einem einzigen nur sehr schwach muldenförmig ausgetieften Feuerherd versehen, mit flachen Gewölben, sehr niedrigen Feuerbrücken, die nicht höher sind als zu verhindern, daß die geschmolzene Masse nicht vom Herde in den Rostraum fließt. Die Oefen sind überhaupt so beschaffen, daß dem ganzen Herdraume in kurzer Zeit eine starke Schmelzhitze verliehen werden kann. Von dem tiefsten Punkte der Herdsohle geht ein Canal aus, der entweder nach einem aus Backsteinen construirten Stichtiegel oder nach einem gußeisernen Tiegel führt, welcher das geschmolzene Zinn aufnimmt. Dieser Canal ist während des Schmelzens mit einem Thonpfropfen verschlossen und wird erst am Ende der Arbeit, beim Anstechen des Metalles geöffnet. Ein Schmelzposten von 15—20 Ctr.

Gewicht wird mit 10—20 Proc. Steinkohlenklein vermischt. Zuweilen fügt man noch etwas gelöschten Kalk oder Flußspath hinzu, um die Schlacke leichtflüssiger zu machen. Nachdem die Masse gut gemengt worden, feuchtet man sie mit Wasser an, wodurch das Eintragen erleichtert wird, weil sonst viel von der staubartigen Masse durch den scharfen Ofenzug noch vor der Schmelzung fortgerissen werden würde. Sobald das Erz eingetragen ist, schließt man die Thüren, verstreicht die Fugen und fängt an zu schüren. Die Masse ist schon nach etwa einer Stunde im Fluß; sie wird von Zeit zu Zeit mit einer eisernen Kratze durchgerührt. Die Schlacke wird abgezogen; die zuletzt abgehobene enthält viel Zinn. Erst nach 6—7 Stunden ist die Reduction so vollständig erfolgt, daß zum Abstechen des Zinnes geschritten werden kann. Ist die Schlacke im Augenblicke des Abstechens sehr dünnflüssig, so kühlt man sie durch aufgestreutes Kohlenpulver etwas ab, wodurch sie etwas zähflüssiger wird. Nachdem das Zinn abgelassen ist, bleibt auf der Herdsohle eine Schlacke zurück, welche viel Zinn in ihren Zwischenräumen enthält. Das daraus durch Pochen und Waschen erhaltene Zinn heißt *Prillion*; es ist sehr unrein, wird für sich geläutert und führt den Namen Schlackenzinn.

§. 113.

Das abgestochene Zinn bleibt einige Zeit in dem Stichherde oder dem Tiegel ruhig stehen, damit Schlacken und andere Unreinigkeiten sich auf der Oberfläche absondern, um mit einem Schaumlöffel entfernt zu werden. Das Zinn wird darauf in gußeiserne Formen gekellt und aufbewahrt, bis eine zur Vornahme des Läuterungsprocesses hinlängliche Menge Zinn sich angesammelt hat. Das Wesentliche dieses Processes besteht darin, das Zinn bei möglichst niederer Temperatur zu schmelzen, damit die schwerer schmelzbaren Beimengungen auf dem Herde des Flammenofens zurückbleiben. Sie bestehen hauptsächlich aus Zinn, Kupfer, Wolfram, Eisen rc. Auf das Aussaigern folgt eine zweite Reinigung, welche darin besteht, daß man in dem Läuterkessel durch grünes Reisig oder durch nasse Kohlen das Zinn zum Aufschäumen bringt, oder es auf einfachere Weise in Bewegung versetzt. Dieses Verfahren (*tossing*) besteht darin, daß ein Arbeiter einen Theil des geschmolzenen Metalles mit einer Kelle herausschöpft und es von einer gewissen Höhe wieder in den Kessel herabgießt, womit ununterbrochen längere Zeit fortgefahren wird. Nach dem Reinigen läßt man das Zinn noch einige Zeit ruhig stehen, damit das minder reine Zinn von dem reineren sich sondere. Die obere Schicht ist die reinste, die unterste die unreinste, so daß die Reinheit der Zinnmulden von der Reihenfolge abhängig ist, in der sie gegossen werden. Der Läuterungsproceß braucht 5—6 Stunden, eine Stunde näm-

lich zum Aussaigern, drei Stunden zum Aufkochenlassen oder Abschäumen und 1—2 Stunden zum Absetzenlassen und Auskellen.

Das Wismuth.

§. 114.

Das Wismuth (bismuth, *bismuth*, *tin glass*) wird zuerst von Basilius Valentinus im 15. Jahrhundert in seinem letzten Testamente erwähnt: das Antimonium gehört zwischen Zinn und Blei, wie das Wismuth zwischen das Zinn und Eisen. Bei einer anderen Gelegenheit sagt er, das Wismuth oder der Marcasit sei des Jovis Bastard (das dem Zinn entsprechende Halbmetall). Im 16. Jahrhundert nennt Paracelsus den „Wismat" unter den Halbmetallen. 1546 wird es von G. Agricola als *Bisemutum* oder auch als *plumbum cinereum* zu den wahren Metallen gerechnet und angegeben, daß man es dem Zinn zumische. Die Eigenthümlichkeiten des Wismuths lehrte Pott 1739 genauer kennen. Darauf untersuchte es Geoffroy und Bergmann, welcher Letztere hauptsächlich die Reactionen dieses Metalles kennen lehrte.

§. 115.

Das Wismuth gehört zu den seltener vorkommenden Metallen und findet auch nur eine wenig ausgedehnte technische Anwendung. So wie es im Handel vorkommt, enthält das Wismuth Schwefel und die beiden mit dem Wismuth isomorphen Metalle Arsenik und Antimon. Es ist von weißer Farbe, die einen Stich ins Röthliche zeigt, hat einen starken Metallglanz, ist auf der Bruchfläche blättrig und spiegelnd und läßt sich leicht in großen Krystallen erhalten, welche Rhomboëder sind, die mit dem Würfel oft die größte Aehnlichkeit haben, und gleich dem Kochsalz aus kleinen, treppenförmig auf einander gehäuften Krystallen bestehen. Das specifische Gewicht des Wismuths ist 9,9, sein Schmelzpunkt bei 270°, so daß also das Wismuth leichtflüssiger ist als Blei und fast eben so leichtflüssig als Zinn. In der Nähe der Weißglühhitze läßt es sich vollständig verflüchtigen. Beim Festwerden dehnt sich das Wismuth aus. Wismuth ist ein wenig härter als Silber, aber ohne besonderen Klang; es besitzt geringe Festigkeit und so wenig Geschmeidigkeit, daß es gepulvert werden kann. Nach den Versuchen von Chaudet soll jedoch das gereinigte Wismuth sich in gegossenen Stäben biegen lassen, wobei es das Knirschen des Zinnes hören läßt. Die physikalischen Eigenschaften des Wismuths sind noch wenig bekannt. Das Wismuth verbindet sich mit den meisten Metallen und macht dieselben leichtflüssiger.

Wismutherze.

§. 116.

Als Wismutherz ist nur das gediegene Wismuth zu erwähnen, welches sich besonders auf Kobalt- und Silbergängen im Granit, Gneuß, Glimmerschiefer, im Uebergangs- und Kupferschiefergebirge, mit Speiskobalt, Kupfernickel, in Quarz, Schwerspath, Kalkspath ꝛc. und auch auf Zinnsteingängen vorfindet. Es findet sich besonders im sächsischen Erzgebirge (Schneeberg, Annaberg, Marienberg, Johanngeorgenstadt, Altenberg), in Böhmen, Baden, Hessen, Schweden, Norwegen, England und Frankreich. Der Wismuthocker (BiO_3) und der Wismuthglanz (BiS_3) sind keine Wismutherze, wie sie es sein würden, wenn ein stärkerer Verbrauch des Metalles und ein höherer Werth als derjenige ist, welchen das Wismuth jetzt im Handel hat, zur Benutzung aufforderten. Das Vorkommen des Wismuths im gediegenen Zustande erleichtert das Ausbringen des Metalles außerordentlich, indem bei dem niedrigen Schmelzpunkte des Wismuths nur ein Aussaigern der Erze bei angehender Rothglühhitze erforderlich ist. Bei den Wismutherzen kommt keine andere Aufbereitung in Betracht als die Handscheidung, woher es kommt, daß man höchstens 10 Proc. Wismuth erzielt. Meist ist auch das Wismuth nur Nebenproduct, und der wahre Zweck der Aussaigerung die Benutzung der ausgesaigerten Rückstände. Dies ist besonders dann der Fall, wenn, wie bei Schneeberg, Kobalt- und Wismutherze gemeinschaftlich vorkommen. Ohnehin müßten auf den Blaufarbenwerken die Kobalterze von dem Wismuth befreit werden, weil das sich bildende Wismuthoxyd die Schönheit der blauen Farbe des Kobaltglases beeinträchtigen würde. Da das Wismuth durch das Aussaigern nur unvollständig sich absondert, so setzt sich in den Glashäfen der Blaufarbenwerke eine metallische Masse, die sogenannte Kobaltspeise ab, welche aus Wismuth, Nickel, Kupfer, Arsenik ꝛc. zusammengesetzt ist. Aus dieser Kobaltspeise wird gleichfalls Wismuth gewonnen.

Die Gewinnung des Wismuths.

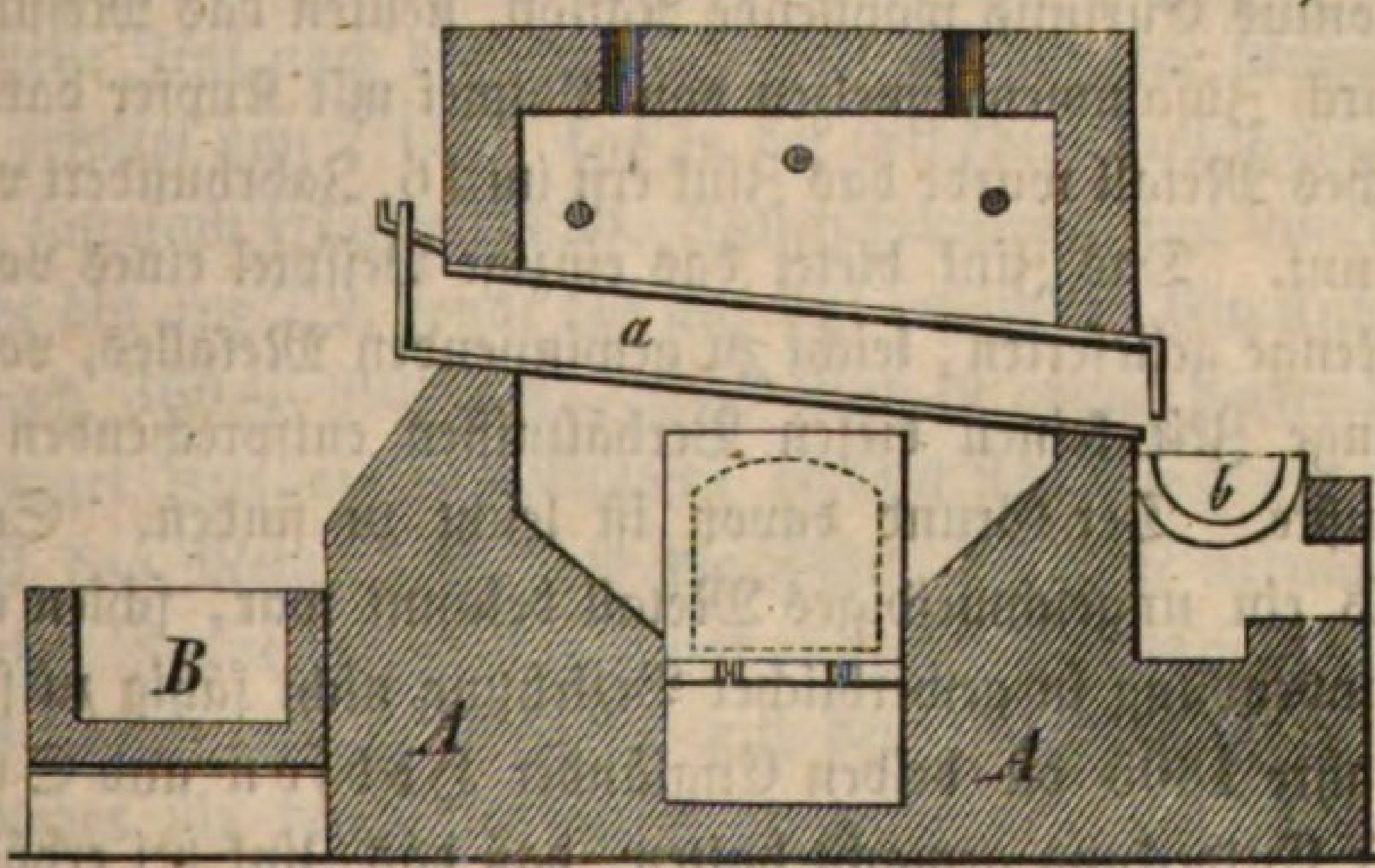
§. 117.

Die älteste und unvollkommenste Methode der Wismuthgewinnung besteht darin, daß man das wismuthhaltige Kobalterz mit Kohlenklein vermengt auf ein aus Reisig und Holzabfällen bereitetes Rostbette einige Fuß hoch aufschichtet und dann das Holz anzündet. Das Wismuth saigert durch die Hitze aus und geht auf die Sohle des Rösthaufens, wo es in Gestalt von Körnern zwischen Kohle und Asche (Aschblei) gefunden wird. Durch

Waschen und Schlämmen sondert man die Wismuthkörner, schmilzt sie hierauf in einem gußeisernen Kessel wieder ein und liefert das Metall in Gießbuckel ausgegossen in den Handel. —

Die gebräuchlichste Methode des Aussaigerns des Wismuths ist die in Röhrenöfen, die unter andern in Schneeberg in Sachsen befolgt wird. Die Wismutherze werden in haselnußgroßen Stücken in gußeiserne Röhren oder Cylinder a (Fig. 28) eingetragen, deren jede an dem einen Ende mit einer Blechklappe, an dem andern mit einem Lehmpfropfen verschlossen ist; in letzteren befindet sich eine kleine Oeffnung, durch welche das geschmolzene Wismuth ausfließen kann. Fünf solcher Röhren werden in einen Ofen eingesetzt, welcher im Wesentlichen den zur Destillation der Steinkohlen in den Leuchtgasfabriken angewendeten gleicht. Die Röhren haben eine etwas gegen den Horizont geneigte Lage. Unterhalb des durchbohrten Lehmpfropfens einer jeden Röhre steht ein gußeiserner Napf b, welcher durch darunter befindliche glühende Kohlen erhitzt wird. Hinter dem Ofen A befindet sich ein Wassertrog, in welchen man die Rückstände des Aussaigerns, die man aus der mit einer Blechklappe verschlossenen und nun geöffneten Mündung der Röhre mit einem eisernen Werkzeuge herauskratzt, fallen läßt. Man erhitzt zuerst drei oder vier Stunden lang die Röhren, bis sie gehörig rothglühen, und füllt dann jede Röhre mit Wismutherz. Nach etwa 10 Minuten schon beginnt das Metall in die Näpfe abzufließen, in welchen sich Kohlenpulver befindet, durch welches das flüssige Wismuth vor der Oxydation geschützt wird. Sobald die Näpfe mit Metall angefüllt sind, schöpft man das Metall mit Kellen heraus und gießt es in Gießbuckel, worin man es erkalten läßt. Die so erhaltenen Wismuthscheiben haben ein Gewicht von 25 — 30 Pfd. In acht Stunden saigert man 20 Ctr. wismuthhaltiges Kobalterz ab, welcher bei einem Holzverbrauche von etwa 60 Kubikfuß Holz $1^1/_2$ Ctr. Wismuth liefern.

Fig. 28.



Wenn es sich um die Darstellung von reinem, besonders von arsenik-

und antimonfreiem Wismuth handelt, reinigt man das gewöhnliche Wismuth auf die Weise, daß man 64 Th. desselben mit 8 Th. calcinirter Soda und 1 Th. Schwefel mengt und die Masse in einem bedeckten Tiegel eine Stunde lang im Schmelzen erhält. Arsenik und Antimon werden dadurch in Gestalt von Sulfosalzen (AsS_3, NaS und SbS_3, NaS) entfernt.

Das Zink.

§. 118.

Eine Legirung des Zinks (zinc, *zinc*, *spelter*) mit Kupfer, das heutige Messing, war bereits den Alten bekannt. Die Mössinöcier, eine alte, am Pontus Euxinus wohnende Nation, stellten das Messing (mössinöcisches Erz) durch Zusammenschmelzen von Galmei mit Kupfer dar. Als ein eigenthümliches Metall wurde das Zink erst im 16. Jahrhundert von Paracelsus erkannt. Das Zink bietet das einzige Beispiel eines von der Natur in großer Menge gelieferten, leicht zu gewinnenden Metalles, von welchem die Technik lange Zeit keinen diesen Verhältnissen entsprechenden Gebrauch zu machen wußte. Der Grund davon ist leicht zu finden. So lange das Zink nur als ein ungeschmeidiges Metall bekannt war, schien es einer unmittelbaren Anwendung in gewerblicher Beziehung nicht fähig zu sein; nachdem aber im Jahre 1805 die beiden Engländer Hobson und Sylvester zu Sheffield die Entdeckung gemacht hatten, daß das Zink bei erhöhter Temperatur dehnbar sei, hat man begonnen, das Zink zu Blech zu verarbeiten. Eine weit ausgedehntere Anwendung hat aber das Zink dadurch gefunden, daß man es als Metall mit dem Kupfer verbindet und auf diese Weise jene Legirungen darstellt, welche man ehedem nur mittelbar aus Zinkerzen und aus Kupfer darzustellen vermochte. Bis ungefähr zum Jahre 1832 war die Anwendung des Zinkes auf die Blechfabrikation und auf die Erzeugung von Messing und ähnlichen Legirungen beschränkt; andere Benutzungsweisen von Erheblichkeit waren nicht bekannt und je nachdem sich entweder ein neuer Handelsweg oder eine Aussicht zu vermehrtem Gebrauche zeigte, bemächtigte sich die Speculation dieses Metalles und verursachte plötzlich bedeutende Steigerungen im Preise desselben, welche dann einem eben so schnellen Sinken Platz machten, wenn jene Erwartungen nicht in Erfüllung gingen. So kam es denn, daß in dem Preise des Zinkes bedeutende Schwankungen eintraten, welche nicht selten zwischen 5 und 21, ja selbst 42 Gulden für den Centner variirten. In der letzten Zeit ist den schlesischen Zinkhütten an den belgischen Hütten, die bei den nämlichen Productionskosten reichere Erze verarbeiten und weniger Kohlen bedürfen, ein mächtiger Concurrent erwachsen. Gegenwärtig gehört das Zink zu den technisch wichtigsten Metallen.

§. 119.

Das Zink ist von grauweißer, ins Bläuliche gehender Farbe, von meist blättrig krystallinischem, bisweilen sehr kleinblättrigem Gefüge, mit starkem Metallglanz auf den Flächen. Farbe, Gefüge und Glanz ändern sich in verschiedener Richtung ab, je nachdem das Zink mit anderen Metallen mehr oder weniger verunreinigt ist. Die Angaben über das spec. Gewicht des gegossenen und des einem nachherigen Drucke unterworfenen Metalles weichen stärker von einander ab, als bei jedem anderen Metalle. Nach Karsten schwankt das spec. Gewicht zwischen 6,85 und 7,0, je nachdem es rein oder mit anderen Metallen verunreinigt ist. Nach Bolley hat das nahe der Schmelzhitze ausgegossene Zink nach dem schnellen Erkalten ein spec. Gewicht von 7,178, langsam erkaltet von 7,145, das in der Glühhitze ausgegossene schnell erkaltet 7,109, langsam erkaltet 7,120. Durch Hämmern und Walzen wird das spec. Gewicht bis auf 7,2, sogar bis auf 7,3 erhöht[1]). Ein Kubikfuß Zink wiegt demnach 360 — 390 Pfd. Das Zink ist etwas härter als das Silber, aber weniger hart als das Kupfer; es läßt sich schwer mit der Feile bearbeiten, weil das Metall sehr bald die Zähne der Feile verstopft, leichter mit der Raspel. Im reinen Zustande hat es fast Silberklang. Im Allgemeinen gehört es zu den spröden Metallen und besitzt nur geringe absolute Festigkeit (sie beträgt für den Quadratzoll im gegossenen Zustande nur etwa 2500, bei Draht und Blech dagegen 16,700 — 19,800 Pfd.). Dem Zusammendrücken dagegen widersteht es mit großer Kraft. Zink im vollkommen reinen Zustande ist schon bei gewöhnlicher Temperatur etwas dehnbar und kann zu dünnen Blechen ausgetrieben werden, ohne Kantenrisse zu erhalten. Diese Dehnbarkeit verschwindet aber schon durch geringe Verunreinigung mit anderen Metallen, so daß das nicht vollkommen reine Zink bei gewöhnlicher Temperatur unter dem Hammer zerspringt. Das Zink schmilzt bei 412°. Bei angehender Weißglühhitze verflüchtigt es sich und läßt sich bei Abschluß der Luft destilliren. Bei 500° entzündet es sich und brennt mit grünlicher, hellleuchtender Flamme zu nicht flüchtigem Zinkoxyd (Zinkweiß). In der Wärme dehnt sich das Zink sehr stark und zwar unter allen technisch wichtigen Metallen am stärksten aus (von 0 — 100° im Längendurchmesser um $^1/_{340}$, das gehämmerte um $^1/_{322}$), weshalb sich das geschmolzene Zink

[1]) Nach Bolley haben die Abweichungen bei blos gegossenem Zink ihren Grund theils in der Temperatur, bei welcher ausgegossen wird, theils in der unüberwindlichen Schwierigkeit, hohle Räume in dem Gußstück zu vermeiden. Bolley fand als niedrigste Zahl 7,109. Nach Karsten ertheilen Beimengungen von $^1/_2$ — $^3/_4$ Proc. Blei dem Zink das höhere spec. Gewicht von 7, welches das reine gegossene Zink niemals erreicht. —

beim Erstarren sehr stark zusammenzieht. Beim Ausgießen des Zinkes müssen die gußeisernen Formen stark erhitzt und die Temperatur des geschmolzenen Zinkes nicht sehr erhöht werden, damit die Erstarrung allmälig und bei einer möglichst geringen Temperaturdifferenz erfolge. Die Dehnbarkeit des Zinkes ist zwischen 100 und 150° am größten und selbst das mit anderen Metallen verunreinigte Zink läßt sich bei dieser Temperatur ausdehnen. Diese Eigenschaft des Zinkes, in einer die Siedehitze des Wassers etwas übersteigenden Temperatur dehnbar zu sein und im ausgedehnten Zustande es auch bei gewöhnlicher Temperatur zu bleiben, ist für die Technik von unschätzbarem Werthe. Ueber 150° verringert sich die Geschmeidigkeit des Zinkes, bei 200° ist das Metall so spröde, daß es zu Pulver zerstoßen werden kann.

§. 120.

An feuchter Luft überzieht sich das Zink mit einer Haut von Oxyd, welche die darunter liegenden Zinktheile vor weiterer Oxydation schützt. Seiner leichten Oxydirbarkeit durch Wasser und Säuren wegen eignet es sich nicht zu Kochgeschirren. Die das käufliche Zink verunreinigenden Metalle sind Kadmium, Eisen und Blei. In früherer Zeit, als man das Kadmium noch nicht vortheilhaft vom Zink zu trennen verstand, betrug der Kadmiumgehalt oft bis zu 6 Proc., ohne daß die Dehnbarkeit des Zinkes merklich verringert wurde; gegenwärtig mag der Kadmiumgehalt 0,16—0,97 Proc. in keinem Falle übersteigen. Ein Bleigehalt von 0,5 Proc. macht das Zink geschmeidiger; man giebt deshalb dem zur Blechfabrikation dienenden Zink zuweilen einen geringen Bleizusatz. Für Zink, welches zu Messing benutzt werden soll, ist ein Bleigehalt schon von 0,25 Proc. höchst schädlich, indem dadurch die Festigkeit des Messings bedeutend abnimmt. Ein Eisengehalt von 0,3 Proc. — gewöhnlich eine Folge des Umschmelzens des Zinks in eisernen Kesseln — ist auf die Geschmeidigkeit des Zinkes ohne Einfluß. Durch einen größeren Eisengehalt wird aber das Zink spröde und brüchig. Der beim Auflösen des Zinkes in Säuren bleibende schwarze Rückstand, früher für Zinkcarburet gehalten, besteht aus Eisen, Blei und Kohle. Mit Eisen in Berührung bewahrt das Zink das Eisen vor Oxydation (galvanisirtes Eisen). Das Zink fällt viele andere Metalle aus ihren Lösungen, so namentlich Kupfer, Silber, Blei, Kadmium, Arsenik &c. Die Auflöslichkeit des Zinkes in verdünnten Säuren ist um so größer, je mehr dasselbe mit fremden Metallen verunreinigt ist. Aber nicht blos davon hängt die leichtere Löslichkeit ab, sondern auch bei ganz reinem Zink ist sie verschieden je nach der Temperatur, welcher das Zink vor dem Ausgießen ausgesetzt war. Am schwierigsten löst sich das eben bei der Schmelzhitze ausgegossene Zink, wenn es schnell erkaltet

war; etwas besser, wenn es auf warmen Platten erstarrte; am leichtesten löst sich das bei der Glühhitze ausgegossene Zink und dieses wiederum am schnellsten, wenn es langsam erkaltete (Bolley). Daß das Zink einen Bestandtheil der meisten constanten galvanischen Batterien (mit Kohle in der Batterie von Bunsen, mit Platin in der von Grove, mit Kupfer in der von Daniell) ausmacht, ist allgemein bekannt. —

Das käufliche Zink läßt sich durch wiederholte Destillation, besonders wenn der zuerst übergehende Antheil, aus kadmiumhaltigem Zink bestehend, beseitigt und die Destillation nicht bis zur Verflüchtigung des ganzen Zinkes fortgesetzt wird, von dem größten Theile der fremden Metalle trennen.

§. 121.

Zinkerze.

Von den zinkhaltigen Mineralien rechnet man folgende zu den Zinkerzen:

1) **Zinkspath**, edler Galmei (zinc calamine, zinc carbonaté, *sparry calamine*, ZnO, CO_2 = 65,20 Th. Zinkoxyd und 34,80 Th. Kohlensäure) ist wesentlich kohlensaures Zinkoxyd, enthält jedoch häufig größere oder geringere Mengen von Eisenoxydul, Manganoxydul, Kadmiumoxyd, Bleioxyd, Kalk und Magnesia. Es findet sich auf Gängen, Lagern, Stöcken und Nestern im krystallinischen Schiefergebirge, Uebergangsgebirge, Steinkohlengebirge und im jüngeren Flötzgebirge. Deutschland ist in einigen Gegenden reich an Zinkspath. Bedeutende Lagerstätten desselben sind an der *vieille montagne* unweit Aachen, in der Gegend von Tarnowitz in Schlesien, zu Brilon und Iserlohn in Westphalen, zu Raibel und Bleiberg in Kärnten, in England zu Mendip in Sommersetshire, Matlock in Derbyshire, zu Leadhills und Wanlockhead in Schottland, in Frankreich zu Pierreville bei Cherbourg, zu Chessy bei Lyon, in Belgien bei Limburg, in Sibirien, in mehreren Gegenden der Vereinigten Staaten ꝛc. Der Zinkspath (isomorph mit dem Kalkspath, Spatheisenstein ꝛc.) ist das wichtigste Erz für die Gewinnung des Zinkes; es war schon den Alten bekannt und wurde durch die Namen *καδμεία* oder *καδμία*, cadmia bezeichnet.

2) **Kieselzinkerz**, Galmei, Kieselgalmei, Zinkglas (zinc silicaté, calamine, pierre calaminaire, $2(3\,ZnO, SiO_3) + 3\,HO$ aus 66,93 Th. Zinkoxyd, 25,59 Kieselerde und 7,48 Th. Wasser bestehend) kommt theils auf den Galmeilagerstätten, theils auf Erzgängen vor. In Begleitung des Galmeies bricht es auf Lagern und Nestern, welche besonders in verschiedenen Kalkformationen sich befinden. Mit Galmei, Brauneisenstein, Zinkblende ꝛc. gemengt, findet sich das Kieselzinkerz an der *vieille montagne*, in der

Gegend von Lüttich, in Westphalen, Kärnten ꝛc. In Verbindung mit dem Galmei dient das Zinkglas zur Gewinnung des Zinkes, auch wol unmittelbar zur Messingfabrikation.

3) Zinkblende, Blende (zinc sulfuré, blende, *black-jack, sulfuret of zinc*, ZnS mit 66,9 Zink und 33,1 Schwefel, enthält zuweilen Schwefeleisen, Schwefelkadmium, auch wol kleine Mengen von Schwefelblei und Schwefelantimon) gehört zu den sehr verbreiteten Erzen und findet sich in größeren Massen auf Nestern, Lagern und Gängen, besonders im krystallinischen Schiefergebirge und im Uebergangsgebirge, hin und wieder auch im Flötzgebirge in Begleitung von Bleiglanz, Schwefelkies, Kupferkies, so z. B. am Harz (Goslar, Andreasberg), in Sachsen (Freiberg, Schwarzenberg), Przibram in Böhmen ꝛc. Die Gewinnung des Zinkes aus der Zinkblende, früher nur sehr unbedeutend, hat in neuerer Zeit an Ausdehnung zugenommen.

4) Rothzinkerz (Brucit, Zinkit), ein in Nordamerika auf Lagern mit Franklinit (wesentlich Fe_2O_3, ZnO), zum Theil mit Kalkspath in Franklin, Stirling und Sparta in New-Jersey vorkommendes Erz, ist Zinkoxyd, durch kleine Mengen von Mangan- und Eisenoxyd roth gefärbt.

An die Zinkerze schließt sich der Ofenbruch (Ofengalmei) an, der beim Verschmelzen der Blei- und Kupfererze, besonders aber der Eisenerze, auf der Gicht der Schmelzöfen gewonnen wird. Dieser Ofenbruch enthält oft über 90 Proc. Zinkoxydul und Zinkoxyd.

§. 122.

Gewinnung des Zinkes.

Das Verfahren der Gewinnung des Zinkes aus seinen Erzen besteht im Wesentlichen in der Behandlung der gerösteten Zinkerze (gebrannter Galmei oder geröstete Blende) in einem Schacht- oder Gefäßofen, in welchen man ein Gemenge von Erz, Zuschlag und Brennmaterial von oben aufgiebt; die Verbrennung darin wird durch ein Gebläse unterhalten. Erz, Zuschlag und Brennstoff werden in solchen Verhältnissen angewendet, daß das in den Erzen enthaltene Zink sich reduciren und verflüchtigen kann, während alle anderen Bestandtheile mit dem Zuschlage Schlacken bilden. Das Brennmaterial wird in solcher Menge aufgegeben, daß es nicht nur zur vollständigen Reduction genügt, sondern in großem Ueberschusse vorhanden ist, damit von den Formen nicht etwa ein oxydirendes Gas wie Kohlensäure entstehen könne. Der Zuschlag muß so beschaffen sein, daß bei der Bildung der Schlacke in keinem Falle eine oxydirende Substanz sich bilden kann. Erfordert z. B. die Beschaffenheit des Erzes die Benutzung von Kalk als Zuschlag, so wendet

man denselben gebrannt und nicht als kohlensauren an. Man leitet vorzugsweise getrocknete Luft in den Ofen. Die Producte der Behandlung sind 1) Zinkdämpfe, die sich in abgekühlten Canälen verdichten, 2) die durch die Verbrennung erzeugten Gase, welche zum Heizen des Dampfkessels der Gebläsemaschine, zum Brennen des als Fluß verwendeten Kalkes, zum Umschmelzen des destillirten Rohzinkes und zum Trocknen und Rösten der Erze verwendet werden, 3) die nicht flüchtigen Stoffe (Schlacken, Stein, reducirte Metalle).

Bei der Gewinnung des Zinkes unterscheidet man folgende Operationen:

1) das Brennen des Galmeies und das Rösten der Zinkblende;
2) das Beschicken der gebrannten oder gerösteten Erze;
3) die Destillation des Zinkes
    α) in Muffeln,
    β) in Röhren,
    γ) in Tiegeln;
4) das Läutern des Rohzinkes.

§. 123.

Aufbereitung und Vorbereitung der Zinkerze.

Die Aufbereitungsarbeiten bei dem **Galmei** und bei dem damit fast immer vorkommenden Kieselzinkerz bestehen besonders darin, daß man die geförderten Erze einige Zeit an der Luft liegen läßt, um die Gebirgsart durch Verwittern leichter trennen zu können. Die Vorbereitungsarbeiten bestehen bei dem Galmei einzig und allein im Brennen, um die Kohlensäure und das Wasser zu verflüchtigen. Die Gegenwart beider würde zwar der Destillation nicht hinderlich sein und man würde ohne Nachtheil Austreibung der Kohlensäure und Reduction des zurückbleibenden Zinkoxydes mit einander verbinden können. Man findet aber das Brennen vor der Destillation zweckmäßig, damit bei der Reduction weniger Gase sich entwickeln, die nicht allein große Mengen von Wärme binden, sondern auch die Beschickung in den Destillationsgefäßen zum Theil mit fortreißen würden. Durch das Brennen wird auch das Erz poröser und zur Reduction geeigneter. Die Erfahrung hat gelehrt, daß gebrannter Galmei mehr Ausbeute an Zink giebt als ungebrannter. Man nimmt das Brennen des Galmeies entweder in Schachtöfen oder in Flammenöfen vor.

Die **Zinkblende** erfordert eine wirkliche Röstarbeit, indem sie nur in dem Verhältniß, in welchem der Schwefel verflüchtigt worden ist, auf Zink benutzt werden kann. Die Röstarbeit geschieht auf dem Herde eines Flammenofens und zwar muß die Blende hierbei in Pulver (Schlich) verwandelt

worden sein. Durch das Rösten verändert sich die Zinkblende nur langsam zu einem Gemenge von Zinkoxyd und schwefelsaurem Zinkoxyd; bei erhöhter Temperatur wird, unter Austreibung eines Theiles Schwefelsäure, letzteres zu basisch schwefelsaurem Zinkoxyd (SO_3, 3 ZnO), bis auch endlich, bei starker Glühhitze, die noch übrige Schwefelsäure ausgetrieben wird und reines Zinkoxyd zurückbleibt. Dieses Resultat ist aber nur schwierig zu erreichen und das zurückbleibende Zinkoxyd ist mehr oder weniger mit Schwefelzink verunreinigt.

§. 124.

Beschicken der Erze.

Die gebrannten oder gerösteten Erze werden mit 10—11 Proc. Kohlen- oder Koksklein beschickt. Die Anwendung der Erze sowol, als des Zuschlages geschieht am vortheilhaftesten in Haselnußgröße. Inniges Mischen von Erz und Kohle ist nicht nothwendig, weil die Reduction durch Kohlenoxydgas, weniger durch Kohle vor sich geht. Nach Harkort lassen sich die Zinkerze durch Kohlenoxydgas in Destillirgefäßen direct reduciren.

§. 125.

Destillation des Zinkes in Muffeln.

(Schlesische Methode.)

Die Destillation des Zinkes aus seinen Erzen (Galmei) aus muffelähnlichen Destillationsgefäßen in einem Ofen, welcher einem Glasofen sehr ähnlich ist, ist in Oberschlesien (Königshütte, Lidognyahütte ꝛc.), Stolberg bei Aachen (Münsterbusch, Birkengang), in Westphalen, Belgien ꝛc. üblich. Die Muffeln werden über Chablonen aus feuerfestem Thon und zerstoßenen gebrannten Muffelscherben gefertigt; ihre Höhe beträgt 1½ Fuß und ihre Länge 3 Fuß. Die vordere Seite der Muffel hat zwei Oeffnungen; die untere ist mit einer Platte a (Fig. 29 und 30) verschlossen, welche entfernt wird, wenn die Destillationsrückstände

Fig. 29.

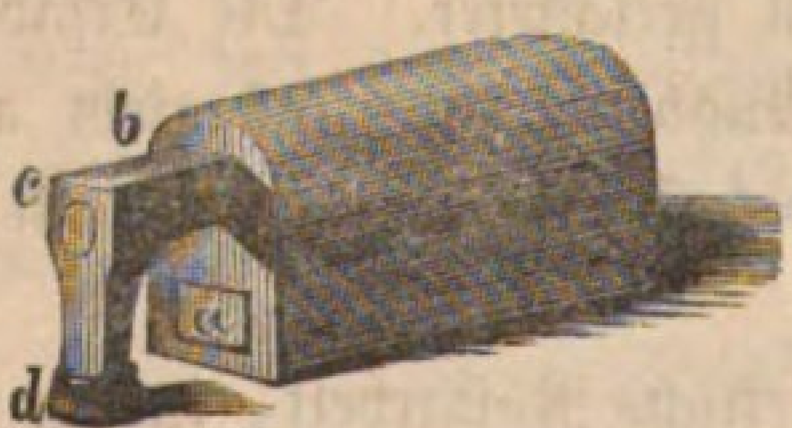
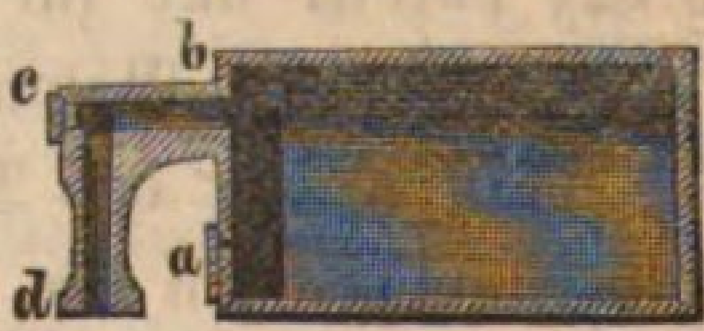


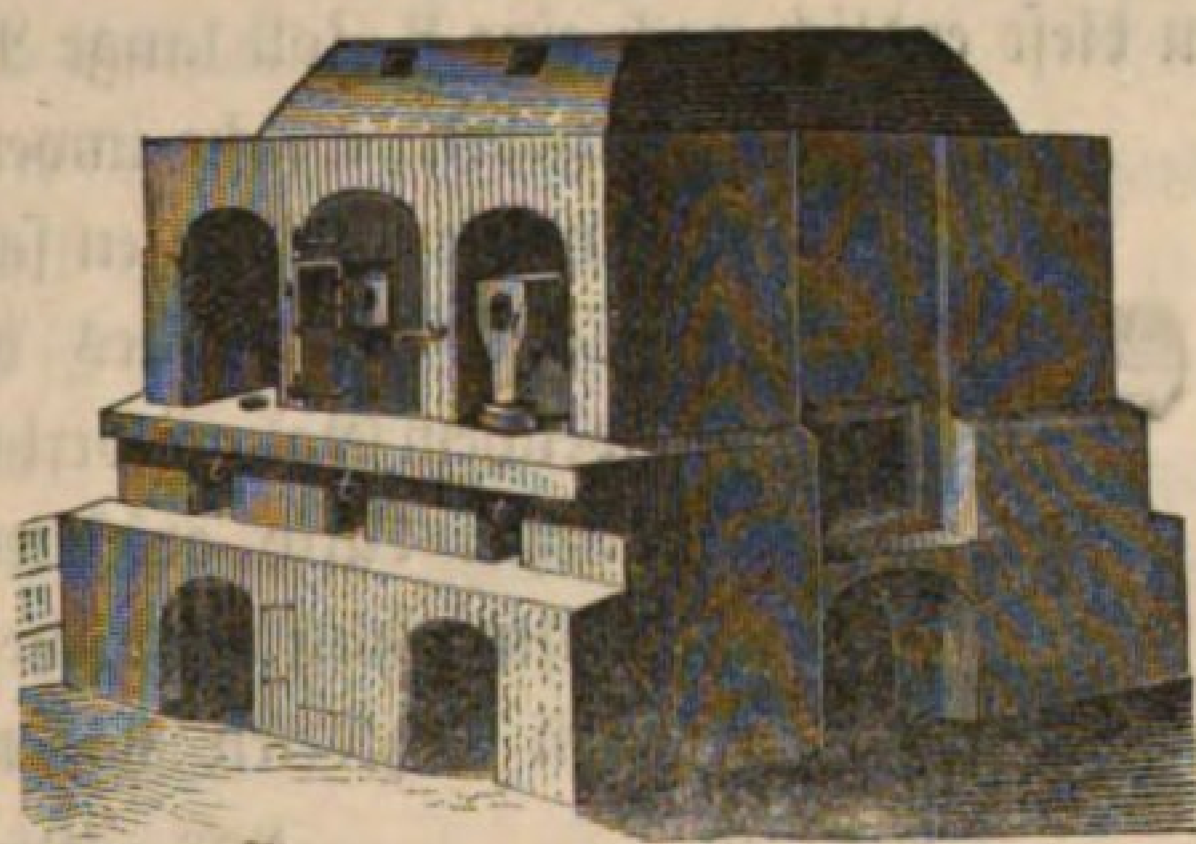
Fig. 30.



herausgenommen werden sollen. Oben ist ein knieförmig gebogenes Rohr eingesetzt, welches bei c mit einer während der Destillation verschlossenen

Oeffnung versehen ist, durch welche die Beschickung eingetragen wird. Durch die Oeffnung d tröpfelt das flüssige Zink in den darunter befindlichen Raum. Früher wendete man Oefen mit 6—10 Muffeln, gegenwärtig solche mit 20 an, wodurch an Brennmaterial gespart wird. Die Muffeln stehen in dem gewölbten Zinkofen, zu beiden Seiten einer langen Rostfeuerung auf Bänken, so daß sie die Flamme des Brennmaterials so viel als möglich umspielt. Fig. 31 zeigt die äußere Ansicht des Ofens. Sechs oder acht Stunden nach dem Eintragen ist die Destillation in vollem Gange, nach 24 Stunden ist sie beendigt. Dann trägt man sogleich ein zweites Gemenge durch die Oeffnung c ein. Nach drei Destillationen wird der Rückstand aus der Muffel entfernt. Das destillirende Zink wird in den Räumen t, t aufgefangen. Während der Destillation verbrennen etwa 2—4 Proc. Zink zu Zinkoxyd. Das bei Beginn der Destillation sich bildende Zinkoxyd enthält fast alles Kadmiumoxyd und wird zur Darstellung des Kadmiums verwendet. Die durch die Destillation erhaltenen und mit Oxyd gemengten Zinktropfen werden durch Schmelzen gereinigt; man gießt das geschmolzene Metall in Form von Tafeln und liefert es in den Handel. Der Abgang bei dem Umschmelzen beträgt ungefähr 15 Proc.; dieser Abgang enthält übrigens gegen 70 Proc. Zink, weshalb es bei einer neuen Destillation wieder mit dem Galmei gemengt wird.

Fig. 31.



100 Ctr. gerösteter Galmei geben 48 Ctr. Rohzink und diese wiederum beim Umschmelzen 41 Ctr. reines Zink; die dabei fallenden 7 Ctr. Abgang enthalten noch 4 Ctr. Zink; daher liefern 100 Ctr. gerösteten Galmeis etwa 45 Ctr. Zink. Da nun aber 150 Ctr. roher Galmei, welche 100 Ctrn. geröstetem Galmei entsprechen, 68 Ctr. Zink enthalten, so ergiebt sich bei dem schlesischen Verfahren ein Abgang von 15 Proc.

§. 126.

Destillation des Zinkes in Röhren.

(Belgische Methode.)

Nach der belgischen Methode, an der *vieille montagne* bei Aachen, Corfali, Angleur in Belgien, Achenrain in Tyrol, Mühlheim an der Ruhr, Iserlohn in Westphalen &c. gebräuchlich, geschieht die Reduction

des Galmei und die Destillation des Zinkes in Thonröhren, welche reihenweise horizontal neben und über einander liegen. Die Röhren (Fig. 32) sind cylindrisch, gewöhnlich 3 Fuß lang und haben eine Weite von 6 Zoll im Lichten. Die Dicke der Röhren beträgt $1^1/_4$ Zoll. Sie sind an dem einen Ende geschlossen. Mit der vorderen Oeffnung berühren die Röhren die Vorwand des Ofens; sie dient zum Eintragen der Beschickung, zum Abziehen der Zinkdämpfe und zum Entfernen der Destillationsrückstände. An jeder dieser Röhren wird eine gußeiserne, 10 Zoll lange Ansetzröhre (Fig. 33) befestigt und an diese endlich noch eine 8 Zoll lange Röhre von Eisenblech (Fig. 34) geschoben, welche inwendig mit Lehm verstrichen ist, in der sich die Zinktropfen sammeln. Fig. 35 zeigt den senkrechten Durchschnitt eines belgischen Zinkdestillationsofens, in welchem Galmei verhüttet wird, welcher sich von dem schlesischen durch größeren Zinkgehalt und durch geringeren Eisengehalt unterscheidet. Die aus der Wäsche kommenden Erzsorten haben einen durchschnittlichen Zinkgehalt von 30—40 Proc. Das Rösten geschieht meist in Schachtöfen. Die Beschickung für einen Reductionsofen in 24 Stunden besteht aus 925 Kilogr. Galmei und 574 Kilogr. Kohlen. Die Destillirröhren kommen in acht Reihen übereinander in den Ofen. Zu diesem Behufe befinden sich in der hinteren Mauer b d des Ofens acht vorspringende Bänke, auf welchen das geschlossene Ende der Röhren aufruht. Man giebt den Röhren eine geringe Neigung nach vorn. Das Eintragen der Beschickung in die Röhren geschieht täglich Morgens 6 Uhr; die Röhren (Fig. 34) werden abgenommen, der Rückstand aus der Retorte entfernt, die Beschickung durch die Ansetzröhren (Fig. 33) in die Destillirröhren gebracht und die Eisenblechröhren wieder aufgeschoben. Schon nach zwei Stunden zeigen sich die ersten Zinktropfen in den Blechröhren und der Arbeiter befestigt letztere auf den gußeisernen Recipienten. Nach zwei Stunden entleert der Arbeiter den Inhalt

Fig. 32.



Fig. 33.

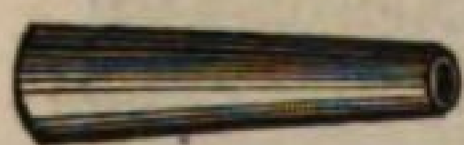
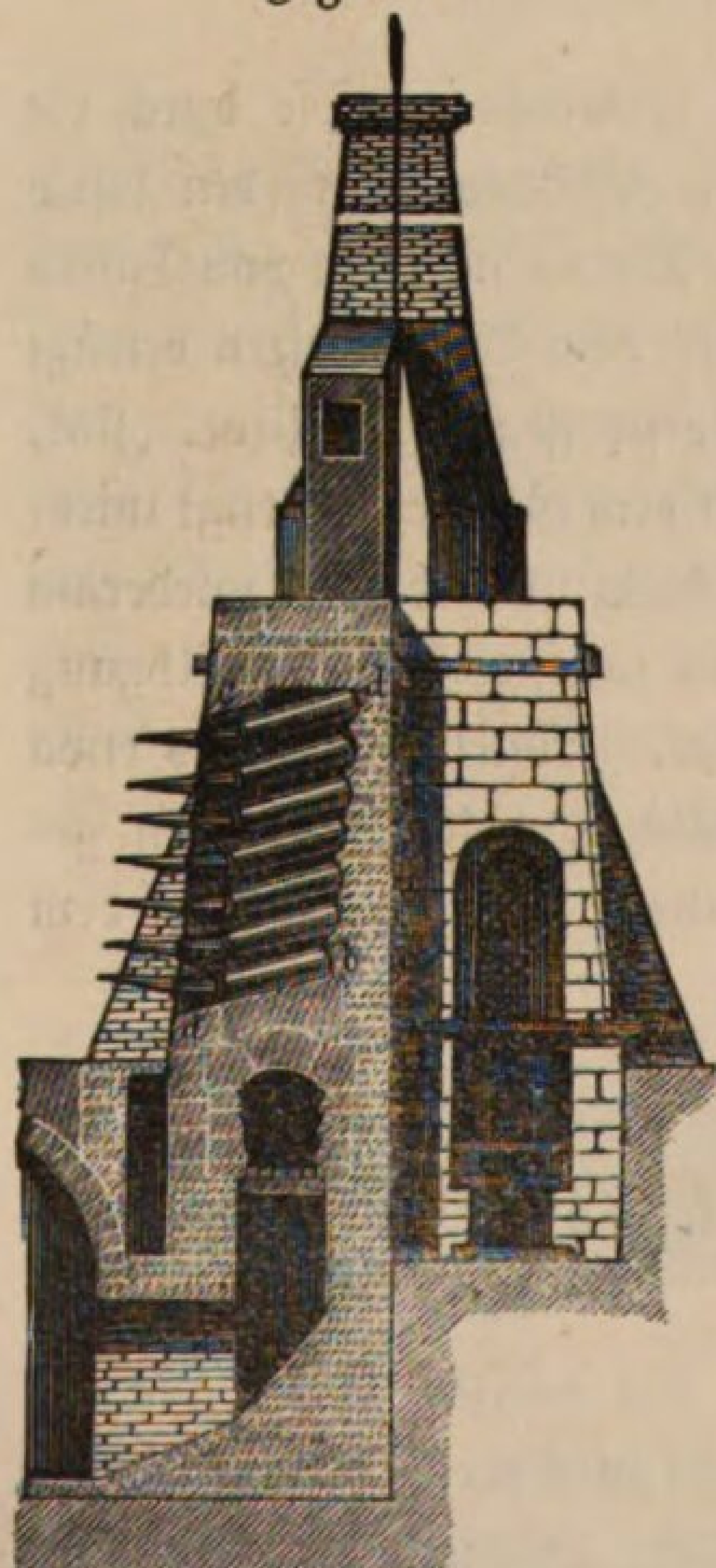


Fig. 34.



Fig. 35.



der Blechröhren — ein Gemisch von staubförmigem Zink mit Zinkoxyd — in ein Blechgefäß. Ein anderer Arbeiter ist fast unaufhörlich beschäftigt, das Zink aus den Recipienten in einen Tiegel zu kratzen, den er von Zeit zu Zeit ausleert. So geht es fort, bis nach Verlauf von zwölf Stunden sich die Destillirröhren in einem fast weißglühenden Zustande befinden und sich keine Zinkdämpfe mehr entwickeln. Die Ausbeute beträgt ungefähr 36 Proc. und mit Berücksichtigung des Zinkes aus den Oxyden etwa 37,5 Proc. Zink.

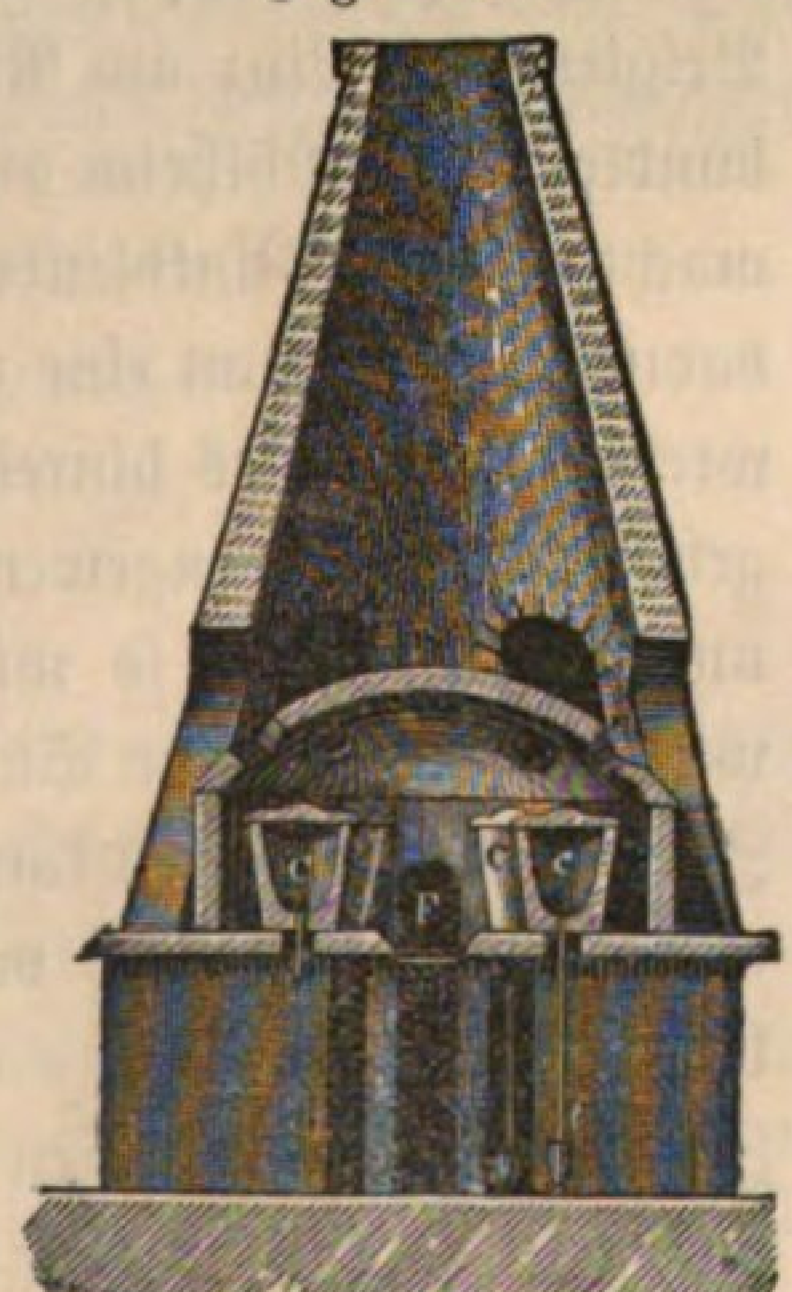
§. 127.

Destillation des Zinkes in Tiegeln.

(Englische Methode.)

Bei der englischen Zinkgewinnungsmethode, in der Gegend von Birmingham, Bristol und Sheffield ausgeübt, findet eine sogenannte abwärts gehende Destillation und zwar in Tiegeln statt. Die Reductionsöfen sind meist rund und so eingerichtet, daß auf dem Herde 6 bis 8 Tiegel c c (Fig. 36) aufgestellt werden können. Das über den Tiegeln und der Feuerung befindliche Gewölbe ist mit Oeffnungen versehen, durch welche man zu den Tiegeln gelangen kann. Die Tiegel sind aus feuerfestem Thone gefertigt, haben bei $4^1/_2$ Fuß Höhe unten 14 Zoll, oben 26 Zoll im Durchmesser. In der Mitte des Bodens der Tiegel befindet sich eine Oeffnung, aus welcher die Zinkdämpfe sich in die Verdichtungsröhre t begeben. Beim Füllen verstopft man diese Oeffnung mittelst eines Holzpfropfens, der in der Hitze bald verkohlt. Der kleiner gewordene Pfropfen schließt dann immer die Oeffnung noch so, daß die beschickte Masse nicht durchfallen kann. Das Eintragen der Beschickung in die Tiegel geschieht durch eine im Deckel des Tiegels befindliche Oeffnung, die auch noch ungefähr zwei Stunden nach dem Eintragen offen bleibt, bis eine blaue Färbung der Flamme die beginnende Reduction anzeigt. Darauf wird die Oeffnung im Deckel durch eine Platte aus feuerfestem Thon geschlossen, die Verdichtungsröhre an die untere Tiegelöffnung gefügt und darunter das zur Aufnahme des Zinkes bestimmte Gefäß gestellt, welches öfters mit Wasser gefüllt wird, um das Umherspritzen des niederfallenden Zinkes zu verhüten. Die untere Mündung der Fallröhre bleibt aber immer noch einige Zoll über dem Niveau des Wassers. Das destillirende Zink

Fig. 36.



sammelt sich in Tropfen und als feines Pulver, mit Zinkoxyd gemengt, in den Gefäßen und wird demnächst in eisernen Gefäßen umgeschmolzen. Das auf der Oberfläche sich abscheidende Oxyd wird abgeschöpft und das Metall in Formen gegossen. Während der Destillation wird die Röhre öfters mit einem glühenden Eisenstabe gereinigt. Um nach beendigter Destillation die Tiegel zu entleeren, entfernt man die Verdichtungsröhre, stößt mit einer Stange die Kohle durch, welche die Oeffnung im Boden des Tiegels verschließt, und läßt die Destillationsrückstände herabfallen. In 14 Tagen wird fünf Mal gefüllt und geleert, so daß in dieser Zeit fünf Destillationen erfolgen. Bei diesen Destillationen geben 6—10 Tonnen Galmei (à 20 Ctr.) und 22—24 Tonnen Steinkohlen ungefähr 2 Tonnen Zink. —

§. 128.

Zinkgewinnung aus Blende.

Zum Zugutemachen der Zinkblende giebt es zwei Wege: nach dem einen röstet man, wie oben (§. 123) angegeben, und führt sie in den Zustand des Oxydes über, worauf man wie bei dem Galmei verfährt (gebräuchlich zu Stolberg bei Aachen, in Westphalen, zu Corfali bei Huy in Belgien, bei Linz am Rhein, zu Achenrain in Tirol, zu Davos in Graubündten, zu Mühlheim an der Ruhr); nach dem anderen und vortheilhafteren macht man die Zinkblende direct zu gute. Dies geschieht nach Lesoinne dadurch, daß man eine zur gänzlichen Entschwefelung der Blende und Freiwerden des Zinkes hinreichende Menge Eisenerz zusetzt. Als Zuschlag wird gebrannter Kalk angewendet. Enthalten die zuzusetzenden Eisenerze Wasser und Kohlensäure, so müssen letztere durch vorhergehende Röstung entfernt werden, damit keine Substanz in den Ofen gelangt, welche das reducirte Zink wieder oxydiren kann. Giebt das Eisenerz Veranlassung zur Bildung einer großen Menge von oxydirenden Substanzen, so wird die Zinkblende direct mit Roh- oder Schmiedeeisen zu gute gemacht. In neuerer Zeit sind in Oberschlesien unter Mitwirkung von Emil Schmidt Versuche angestellt worden, Zink und Roheisen gleichzeitig in einem Schachtofen zu gewinnen, die nicht ungünstige Resultate gegeben haben.

Swindells hat vorgeschlagen, die Zinkblende mit Kochsalz zu rösten, wobei Glaubersalz und Chlorzink sich bilden, aus der durch Auslaugen erhaltenen Flüssigkeit zuerst krystallisirtes Glaubersalz zu gewinnen, dann daraus das Zinkoxyd durch Kalk niederzuschlagen und ersteres auf gewöhnliche Weise zu reduciren.

Das Kadmium.

§. 129.

Das Kadmium (cadmium, *cadmium*), ein seltener vorkommendes und technisch noch wenig benutztes Metall, ist ein fast steter Begleiter des Zinkes in den Zinkerzen, besonders in dem schlesischen Galmei. Es wurde 1817 fast gleichzeitig von Stromeyer in Hannover und Hermann in Schönebeck entdeckt. Das Kadmium steht hinsichtlich seiner Eigenschaften in der Mitte zwischen Zinn und Zink; es ist zinnweiß, stark glänzend, dehnbar und hämmerbar und verliert an der Luft nach und nach seinen Glanz. Es hat ein spec. Gewicht von 8,6 — 9,05, schmilzt bei 360° und läßt sich leicht destilliren. Der oberschlesische Galmei enthält bis zu 5 Proc. Kadmium, die Oberharzer Zinkblende 0,35—0,58 Proc. Der Kadmiumgehalt dieser Erze concentrirt sich in dem bräunlichen Rauche, der im Anfang der Zinkdestillation sich zeigt. Dieser Rauch, aus reinem und kohlensaurem Zink- und Kadmiumoxyd bestehend, dient als Kadmiumerz. Die Reduction desselben geschieht mittelst Holzkohle in kleinen, cylindrischen, gußeisernen Retorten, die mit konischem Vorstoß von Eisenblech versehen sind. Das in dem Vorstoße befindliche Metall wird in Gestalt von 8 Zoll langen Stangen von Fingerdicke in den Handel gebracht.

Das Antimon.

§. 130.

Das Antimon (Spießglanz, Spießglas, stibium, antimoine, *antimony*) ist in der Verbindung mit Schwefel, als Schwefelantimon schon den Alten bekannt und überhaupt von jeher der Ausgangspunkt für die Darstellung der Antimonpräparate gewesen. Die Gewinnung eines eigenthümlichen Metalles aus dem Schwefelantimon wird dagegen mit Sicherheit erst in dem 15. Jahrhundert beschrieben. Es ist ein ziemlich häufig vorkommendes Metall, findet jedoch außer zu einigen Metalllegirungen, zur Farbenbereitung (früher auch zur Reinigung des Goldes) 2c. keine technische Anwendung. Es geht eben so wie das mit dem Antimon isomorphe Arsenik und wie der Schwefel in die Zusammensetzung einer großen Anzahl von Erzen ein und macht den Proceß ihrer Zugutemachung complicirt, so daß das Antimon in den meisten Fällen ein ungern gesehener Begleiter anderer Metalle ist. Das Antimon wird in der Regel nur aus solchen Erzen, die kein anderes Metall oder nur geringe Mengen davon enthalten, bereitet.

§. 131.

Das im Handel vorkommende Antimon ist niemals chemisch rein, sondern enthält Arsenik, Eisen, Kupfer und Schwefel. Der Einfluß dieser Verunreinigungen auf die physikalischen Eigenschaften des Antimons ist um so weniger bekannt, als man die Eigenschaften des reinen Antimons selbst so gut als noch nicht kennt. Durch Schmelzen des Antimons mit Antimonoxyd reinigt man das Antimon; das Oxyd oxydirt dabei den Schwefel und das Eisen und wird in demselben Verhältniß reducirt. Die Entfernung des Arseniks wird unten beschrieben werden. Das Antimon ist fast silberweiß mit einem geringen Stich ins Gelbliche, besitzt starken Metallglanz und eine blättrig krystallinische Structur. Es krystallisirt eben so wie das isomorphe Arsenik und Wismuth in deutlichen Rhomboëdern, hat ein spec. Gewicht von 6,8 und schmilzt bei 425°. Beim Erstarren dehnt sich das geschmolzene Metall nicht aus. Es ist ziemlich feuerbeständig und beginnt erst in starker Weißglühhitze sich zu verflüchtigen. Es ist außerordentlich spröde und nicht dehnbar, und läßt sich sehr leicht in Pulver verwandeln. An Härte übertrifft es das Kupfer. Mit anderen Metallen vereinigt es sich leicht und ertheilt denselben im Allgemeinen Sprödigkeit. Zinn und Blei wird zuweilen durch Zusatz von etwas Antimon hart gemacht.

§. 132.

Antimonerze.

Das wichtigste Antimonerz ist das Grauspießglanzerz (Antimonglanz, natürliches Schwefelantimon, antimoine sulfuré, *grey antimony-ore*), $Sb\,S_3$ mit 72,8 Proc. Antimon; es bricht auf Lagern und Gängen in Granit, im krystallinischen Schiefer- und Uebergangsgebirge und kommt auf diese Weise entweder als Haupterz, wie in den Gangformationen von Wolfsberg am Harz, Michelsberg in Böhmen, oder in Begleitung von Gold, von Silber-, Blei- und anderen Erzen, auch wol auf Lagerstätten des Spatheisensteines, vor mit Quarz, Kalkspath, Schwerspath ꝛc. Man verhüttet das Grauspießglanzerz in Deutschland z. B. in Arnsberg, Wittichen und Wolfach in Baden, Wolfsberg am Harze, in Ungarn und Frankreich.

Das Schwefelantimon findet sich im Mineralreiche häufig als Sulfosäure mit anderen Schwefelmetallen verbunden, so z. B. mit Schwefeleisen im Berthierit $Sb\,S_3 + n\,FeS$, mit Schwefelblei im Zinckenit, Plagionit, Jamesonit, Federerz und Boulangerit $m\,Sb S_3 + n\,PbS$, mit Schwefelkupfer im Kupferantimonglanz $Sb\,S_3 + Cu_2\,S$, mit Schwefelkupfer und Schwefelblei im Bournonit $Sb\,S_3, 3\,Cu_2\,S + 2$

(SbS_3, 3 PbS), mit Schwefelsilber im Miargyrit, Rothgültigerz, Sprödglaserz, Polybasit und den Fahlerzen.

§. 133.

Gewinnung des Antimons.

Die Aufbereitungsarbeiten, denen die Antimonerze unterworfen werden, sind durch die Methode bedingt, welche zur Darstellung des Antimons Anwendung finden soll. Sollen die Erze ausgesaigert und das so erhaltene rohe Schwefelantimon zur Reindarstellung des Antimons angewendet werden, so beschränkt sich die Aufbereitung auf die Handscheidung, indem die Saigerarbeit gewissermaßen die Aufbereitung vervollständigt. Wegen des dabei stattfindenden Verlustes an Schwefelantimon ist es jedoch vorzüglicher, auf die Handscheidung die Setzarbeit und die nasse Aufbereitung im Pochwerke folgen zu lassen. Durch zweckmäßige Aufbereitung ist die Aussaigerung der Antimonerze zu umgehen, wenn direct reines Antimon dargestellt werden soll. Die Vorbereitungsarbeiten bestehen in der Röstarbeit, welcher die Erze jedoch nur in dem Falle unterworfen werden, wenn das Antimon aus dem Röstproduct (antimonsaures Antimonoxyd, SbO_5, SbO_3) durch Reduction dargestellt und nicht unmittelbar aus dem Schwefelantimon durch Zuschläge abgeschieden werden soll.

Auf den Hüttenwerken bezweckt man weniger die Darstellung von reinem Antimon (regulus antimonii) als vielmehr von Schwefelantimon (antimonium crudum). Die Production des letzteren hat aber sehr abgenommen, seitdem man Hartblei (antimonhaltiges Blei) als Nebenproduct auf den Bleihütten darstellt.

Die Antimongewinnung zerfällt deshalb in zwei Hauptoperationen:

1) in die Gewinnung des rohen Schwefelantimons

α) in Töpfen mit Recipienten,

β) in stehenden Röhren,

γ) in Flammenöfen;

2) in die Gewinnung des metallischen Antimons oder die Entfernung des Schwefels aus dem Schwefelantimon

α) durch Rösten,

β) durch Salpeter,

γ) durch Eisen.

§. 134.

Darstellung des Schwefelantimons (antimonium crudum) durch Aussaigern.

Das Aussaigern in Töpfen oder Tiegeln geschieht auf verschiedene Weise. Auf dem Wolfsberge bei Harzgerode schüttet man das auszusaigernde Erz in die Tiegel a (Fig. 37), in deren Böden mehrere Oeffnungen sind und welche auf kleineren Tiegeln b stehen, die rund herum von heißer Asche oder von Sand umgeben sind. Zu beiden Seiten der Tiegel sind Mauern mit Zuglöchern aufgeführt. Die mit Erz beschickten Tiegel werden mit einem Deckel bedeckt und durch das zwischen die Tiegel und die Mauer gebrachte Brennmaterial nach und nach bis zum Rothglühen erhitzt. Das ausgesaigerte Schwefelantimon sammelt sich in dem unteren Tiegel an.

Fig. 37.



Um das Brennmaterial besser zu benutzen, wendet man an anderen Orten, so in Ungarn, eine ähnliche Vorrichtung mit zwei Töpfen oder Tiegeln an, bringt die Tiegel aber in der Weise auf den Herd eines Flammenofens, daß nur die oberen, beschickten Tiegel von der Flamme bestrichen werden. Die unteren Tiegel stehen außerhalb des Ofens vor jedem größeren Tiegel in kleinen Gewölben und sind mit den Tiegeln durch Thonröhren in Verbindung gesetzt. Fig. 38 zeigt den Verticaldurchschnitt, Fig. 39 den Grundriß des zum Aussaigern angewendeten Ofens. Eine Erläuterung der Zeichnung ist überflüssig.

Fig. 38.

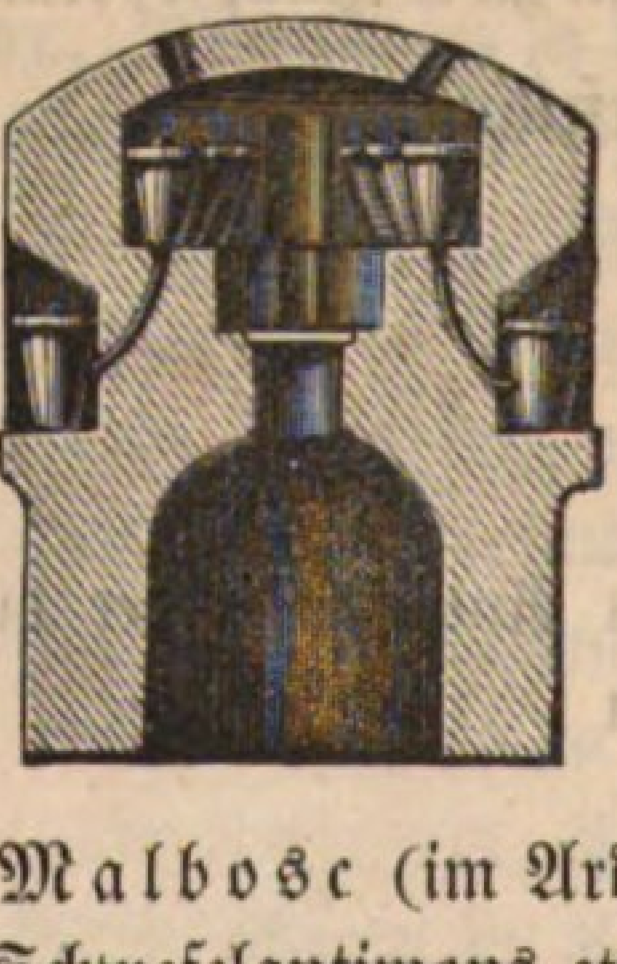


Fig. 39.



Zu Malbosc (im Ardèche-Departement) wendet man zum Aussaigern des Schwefelantimons etwas konische Töpfe an, die 0,33 Meter hoch und oben an der Mündung 0,22 Meter breit sind. Jeder Topf wird mit

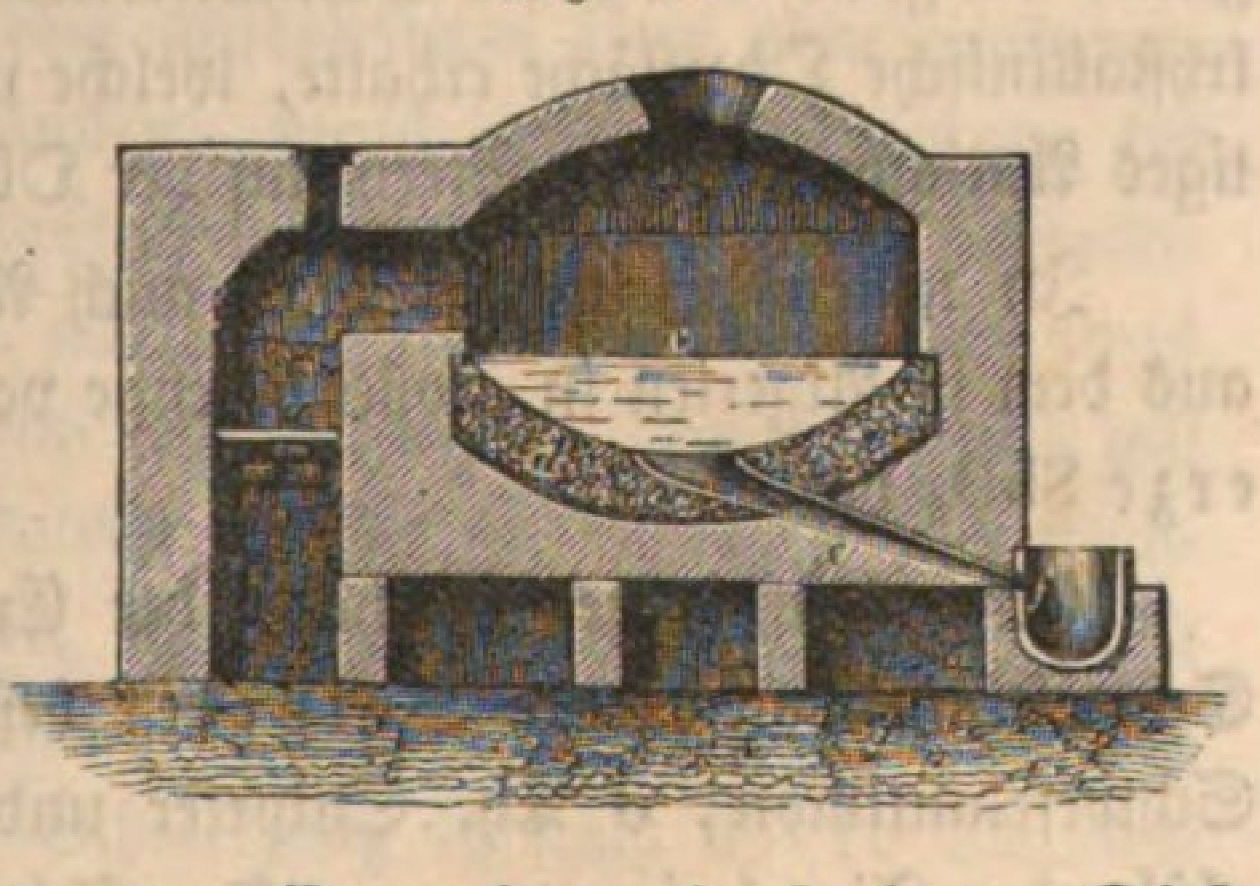
15 Kilogr. rohem Erz beschickt, darauf mit einem Deckel verschlossen und ragt einige Centimeter tief in den unteren Topf hinein, der die nämliche Form hat, aber nicht durchlöchert ist. Die beschickten Töpfe stehen zwischen zwei 0,25 Meter hohen Seitenmauern, die 0,4 Meter von einander abstehen, in einer Reihe. Der Raum um die Tiegel wird mit Steinkohlen gefüllt und diese durch Reisig angezündet. Das Schwefelantimon schmilzt nun allmälig nieder und fließt in den unteren Tiegel. Nach beendigter Aussaigerung wird die Bergart aus dem oberen Topfe entfernt und durch neues Erz ersetzt. Man macht gewöhnlich 4 Schmelzungen in 40 Stunden, bis der untere Topf gefüllt ist. Nach dem Erkalten schlägt man die unteren Töpfe symmetrisch entzwei, so daß sie lutirt und wieder angewendet werden können.

§. 135.

Zur Umgehung der kostspieligen Erneuerung der bald unbrauchbar werdenden Töpfe wendet man an einigen Orten, so zu Malbosc, zum Aussaigern des Schwefelantimons Röhren an, die, weil das Eisen vom Schwefelantimon angegriffen wird, mit Lehm ausgestrichen oder auch von Thon sind. Diese werden in einem dem Wismuthsaigerofen ähnlichen Ofen angewendet, der sich durch geringen Aufwand an Brennmaterial und Geringhaltigkeit der Rückstände empfiehlt.

Am schnellsten läßt sich die Aussaigerung des Schwefelantimons bewerkstelligen, wenn man das Antimonerz unmittelbar auf den geneigten Herd eines Flammenofens e (Fig. 40) bringt und dafür sorgt, daß das aussaigernde Schwefelantimon von dem tiefsten Punkte des Herdes durch eine Rinne e nach einem außerhalb des Ofens befindlichen Recipienten f fließt. Erst nachdem das Erz sich in einem erweichten Zustande befindet und eine Schlackendecke sich gebildet hat, wird die Abstichöffnung verschlossen und das Feuer verstärkt. Das noch im Erze zurückgebliebene Schwefelmetall sammelt sich unter der Schlacke und wird nach Beendigung der Operation abgestochen. Diese Art der Aussaigerung ward zu Ramée in der Vendée angewendet; sie empfiehlt sich durch große Wohlfeilheit und dadurch, daß große Mengen (10—12 Ctr.) Erz auf einmal und in kürzester Frist ausgesaigert werden können; es findet aber bei ihrer Anwendung ein so beträchtlicher Verlust

Fig. 40.



durch Verflüchtigung statt, daß sie nur dort anwendbar ist, wo neben geringen Gewinnungskosten des Erzes, Ersparniß an Zeit und Brennmaterial wünschenswerth erscheint.

§. 136.

Gewinnung des metallischen Antimons (regulus antimonii) aus dem Schwefelantimon.

Wie schon §. 133 angegeben, stellt man das metallische Antimon aus dem Schwefelantimon auf dreierlei Weise dar, entweder röstet man das ausgesaigerte Schwefelantimon, oder man entfernt den Schwefel durch Oxydation mittelst Salpeter, oder man zersetzt durch angemessene Zuschläge.

Zur Gewinnung des Antimons mittelst der Röstarbeit wird das Schwefelantimon auf der Sohle eines Flammenofens unter beständigem Umrühren geröstet, bis es nicht mehr zusammenbäckt und erkaltet aschgrau erscheint, bis nämlich das Antimon in antimonsaures Antimonoxyd übergeführt worden ist. Dieses Rösten ist eine sehr mühsame Arbeit, weil das Schmelzen, selbst das Zusammensintern des Schwefelmetalles vermieden werden und die Operation deshalb bei sehr niedriger Temperatur ausgeführt werden muß. Das geröstete Product, die Spießglanzasche wird in Tiegeln reducirt. Zur Reduction würde schon Kohle genügen, allein da das Röstgut immer unzersetztes Schwefelantimon enthält, sich ferner Antimonoxyd verflüchtigen würde, wenn man keine Decke anwendete, vermischt man die Spießglanzasche mit rohem Weinstein, oder Kohle und kohlensaurem Natron. Zur Reduction genügt starke Rothglühhitze. Man läßt den Regulus langsam unter der Schlackendecke erstarren, damit er jene sternförmig krystallinische Oberfläche erhalte, welche man im Handel begehrt. Eisenhaltiges Antimon soll den Stern auf der Oberfläche besonders schön zeigen.

In neuerer Zeit stellt man auch Antimon in England und Frankreich aus dem in Algerien in großer Menge vorkommenden Weißspießglanzerze SbO_3 dar.

Eine kostspielige Methode der Entfernung des Schwefels aus dem Schwefelantimon durch Salpeter besteht darin, ein Gemisch von 8 Th. Schwefelantimon, 3 Th. Salpeter und 6 Th. rohem Weinstein in einen glühenden Tiegel einzutragen. Der Schwefel und das Antimon des Schwefelantimons werden durch den Salpeter oxydirt und das Antimonoxyd durch den Kohlenstoff des Weinsteins zu Metall reducirt. Nach Otto geht hierbei ein großer Theil des Schwefelantimons als Sulfosalz in die Schlacke. Ein günstigeres Resultat wird erzielt, wenn man 8 Th. Schwefelantimon,

1 Th. calcinirtes kohlensaures Natron und 1 Th. Kohle schmilzt, wobei nur Schwefelnatrium als Schlacke sich bildet.

Zweckmäßig entfernt man den Schwefel aus dem Schwefelantimon durch Eisen und zwar durch Schmiedeeisen, weil nur dieses sich leicht mit dem Schwefel verbindet. Durch die alleinige Anwendung des Eisens ist der Erfolg der Zersetzung ein ungünstiger, weil die Trennung des Schwefeleisens von dem Antimon wegen des fast gleichen specifischen Gewichtes beider Substanzen nur schwierig ausgeführt werden kann. Aus diesem Grunde und um der Schwefelverbindung außer einem geringeren specifischen Gewicht größere Leichtflüssigkeit zu geben, setzt man kohlensaures oder schwefelsaures Alkali hinzu. 100 Th. Schwefelantimon, 42 Th. Schmiedeeisen, 10 Th. calcinirtes schwefelsaures Natron und $3^1/_3$ Th. Kohle haben sich als ein passendes Verhältniß bewährt (Wittstein). Um zugleich einen arsenikfreien Regulus zu erlangen, schmilzt man das nach der angegebenen Vorschrift erhaltene Antimon und zwar 16 Th. desselben, den man, wenn er noch nicht eisenhaltig genug ist, mit 2 Th. Schwefeleisen versetzen kann, mit 1 Th. Schwefelantimon und 2 Th. trockner Soda zusammen und erhält die Masse eine Stunde lang im Fluß. Den Regulus schmilzt man noch ein zweites Mal mit $1^1/_2$ Th. und ein drittes Mal mit 1 Th. Soda, bis die Schlacke hellgelb ist. Zur Abscheidung des Arseniks scheint die Gegenwart von Schwefeleisen Bedingung zu sein, indem wahrscheinlich eine dem Arsenikkies ähnlich zusammengesetzte Verbindung entsteht.

§. 137.

Nach Karsten wird die Antimongewinnung aus dem Schwefelantimon durch Eisen unmittelbar aus dem aufbereiteten Erze ohne vorhergegangene Aussaigerung stattfinden können, wenn man die Zersetzung der Erze auf dem Herde eines Flammenofens vornimmt. Die rein aufbereiteten Erze werden mit 35—36 Proc. altem Schmiedeeisen, wozu besonders die Abfälle von der Blechfabrikation sich sehr gut eignen, beschickt, und mit einem Gemisch von schwefelsaurem Natron mit Kohle, Potasche und Kochsalz bedeckt. Als oberste Decke wendet man zweckmäßig die durch den Rost gefallenen Cinders an. Man setzt etwa 2—3 Ctr. Erze mit der Beschickung mit einem Mal auf den Herd. Die Schmelzung ist nach 8—10 Stunden vollendet, worauf das Antimon unter der Schlackendecke abgestochen und in Tiegeln mit Potasche, Kochsalz und Kohle oder etwas Weinstein umgeschmolzen wird. Der Zusatz der schwefelsauren Alkalien trägt zum Flüssigwerden der Schlacke bei, die Potasche erhöht das Ausbringen und befördert die schnelle Schlackenbildung, wodurch der Verlust durch Verflüchtigung

vermindert wird. Der Zusatz von Kochsalz ist dann zu entbehren, wenn die Umstände es erlauben, wenigstens 8—10 Proc. von den schwefelsauren Alkalien anzuwenden.

Das Arsenik.

§. 138.

Das Arsenik oder Arsen (arsenic, *arsenic*) war in seiner Verbindung mit Schwefel schon den Alten bekannt. Für den Schwefelarsenik gebrauchten die Griechen die Bezeichnungen *σανδαράχη* und *ἀῤῥενικόν* oder *ἀρσενικόν*, erstere findet sich schon bei Aristoteles im 4. Jahrhundert v. Chr., die zweite bei seinem Schüler Theophrast. Weitläufigere Nachricht über Arsenik und Sandarach giebt erst Dioskorides im 1. Jahrhundert n. Chr. Eine bestimmte Kenntniß des weißen Arseniks kommt zuerst bei Geber im 8. Jahrhundert vor. Beweise für die Existenz des Elementes Arsenik gab zuerst Henckel 1725 und Brandt 1733.

In regulinischer Gestalt ist das Arsenik (Scherbenkobalt, Fliegenstein genannt) selten Gegenstand der Gewinnung aus arsenikhaltigen Erzen, weil das reine Arsenik fast keine Anwendung in der Technik gefunden hat. Meist wird es oxydirt als arsenige Säure aus den Erzen dargestellt. Das reine Arsenik ist stahlgrau und stark metallglänzend, von 5,76—5,959 spec. Gewicht, bildet durch Destillation oder Sublimation erhalten eine krystallinische Masse, in welcher Rhomboëderflächen wahrgenommen werden können (das Arsenik ist mit dem Antimon und Tellur isomorph). Es ist sehr wenig feuerbeständig und geht bei schwacher Rothglühhitze aus dem festen Zustand sogleich in den gasförmigen über. Es ist sehr spröde und läßt sich leicht pulvern. Das im Handel in schwarzgrauen, metallglänzenden Krusten vorkommende Arsenik enthält zuweilen 8—10 Proc. Schwefelarsenik beigemengt.

§. 139.

Arsenikerze.

Zur Gewinnung des Arseniks und der Arsenikpräparate verwendet man auf den Arsenikhütten (Gifthütten) folgende Erze:

1) Gediegen Arsenik (Scherbenkobalt, Näpfchenkobalt, Fliegenstein, arsenic testacé, arsenic natif, *native arsenic*) findet sich besonders auf Gängen, selten auf Lagern, vorzüglich im krystallinischen Schiefer- und Uebergangsgebirge, in Begleitung von Antimon, Silber, Antimonsilber, Bleiglanz, Silberglanz, Rothgültigerz rc. Es kommt entweder roh in den

Handel, oder wird zur Darstellung von reinem Arsenik durch Sublimation benutzt, oder durch Rösten in arsenige Säure verwandelt.

2) Arsenikkies (Mißpickel, harter Giftkies, fer arsenical, arsenic pyriteux, *arsenical pyrites*, $FeS_2 + FeAs$ mit 46,53 Arsenik, 19,9 Schwefel und 33,57 Eisen).

3) Arsenikalkies (Arseneisen, weicher Giftkies, Fe_4As_3 mit 66,8 Arsenik und 33,2 Eisen).

4) Gewisse Kobalt-, Nickel- und Zinnerze, z. B. der Speiskobalt (Arsenkobalt, Kobaltkies, $AsCo$ mit 28,2 Kobalt und 71,8 Arsenik), der Tesseralkies (Arsenkobaltkies, Co_2As_3), das Arsennickel (Weißnickelkies, $NiAs$), das Kupfernickel (Rothnickelkies, Ni_2As), der Kobaltglanz (Glanzkobalt, $CoS_2 + CoAs$) ꝛc.

Außerdem findet sich das Arsenik mit Schwefel verbunden in dem rothen Schwefelarsenik oder Realgar, AsS_2, und in dem gelben Schwefelarsenik oder Operment, AsS_3. Letztere Verbindung kommt häufig als Sulfosäure allein oder neben Schwefelantimon im Mineralreiche in vielen Silber- und Kupfererzen vor, so z. B. in dem Lichtrothgültigerz $AsS_3 + AgS$ und wird dann gewöhnlich durch die Röstarbeit verflüchtigt, ohne Gegenstand metallurgischer Benutzung zu sein. Bei weitem den größten Theil des Arseniks stellt man nicht aus den Arsenikerzen, sondern theils aus Kobalterzen, theils aus Zinn- und Kupfererzen, die Arsenikerze enthalten, dar. Das Arsenik ist daher meist Nebenproduct, welches bei der Zugutemachung der genannten Erze gewonnen wird.

§. 140.
Gewinnung des Arseniks.

Man stellt das Arsenik dar, indem man entweder gediegenes Arsenik sublimirt, oder Arsenikkies $FeS_2 + FeAs$ und Arsenikalkies Fe_4As_3 bei Abschluß der Luft stark erhitzt, wo beide Arsenikerze ganz oder zum Theil ihr Arsenik abgeben. Durch Kalkzuschlag bindet man den Schwefelgehalt des Arsenikkieses. Man wendet dieses Verfahren zu Reichenstein in Schlesien an. Zu Altenberg in Sachsen reducirt man behufs der Darstellung des Arseniks die arsenige Säure durch Kohle ($AsO_3 + 3C = As + 3CO$). Bei der Gewinnung des Arseniks aus Arsenikkies wird das Erz in thönerne Cylinder, von denen, ähnlich dem Wismuthsaigerofen, mehrere neben einander liegen, gegeben, in welche man vier Zoll tief ein zusammengerolltes Eisenblech und über dieses eine Vorlage schiebt, in welche das Eisenblech gleichfalls 4 Zoll tief hineingeht. Nachdem alle Fugen verstrichen worden sind, wird das Rohr bis zum Rothglühen erhitzt. Durch Zusatz von einer

geringen Menge Kohle verhindert man die Bildung von arseniger Säure. Das Arsenik setzt sich als eine krystallinische Rinde an den inneren Wänden des Blechrohres ab und kann davon leicht durch Aufbiegen des Rohres getrennt werden.

§. 141.

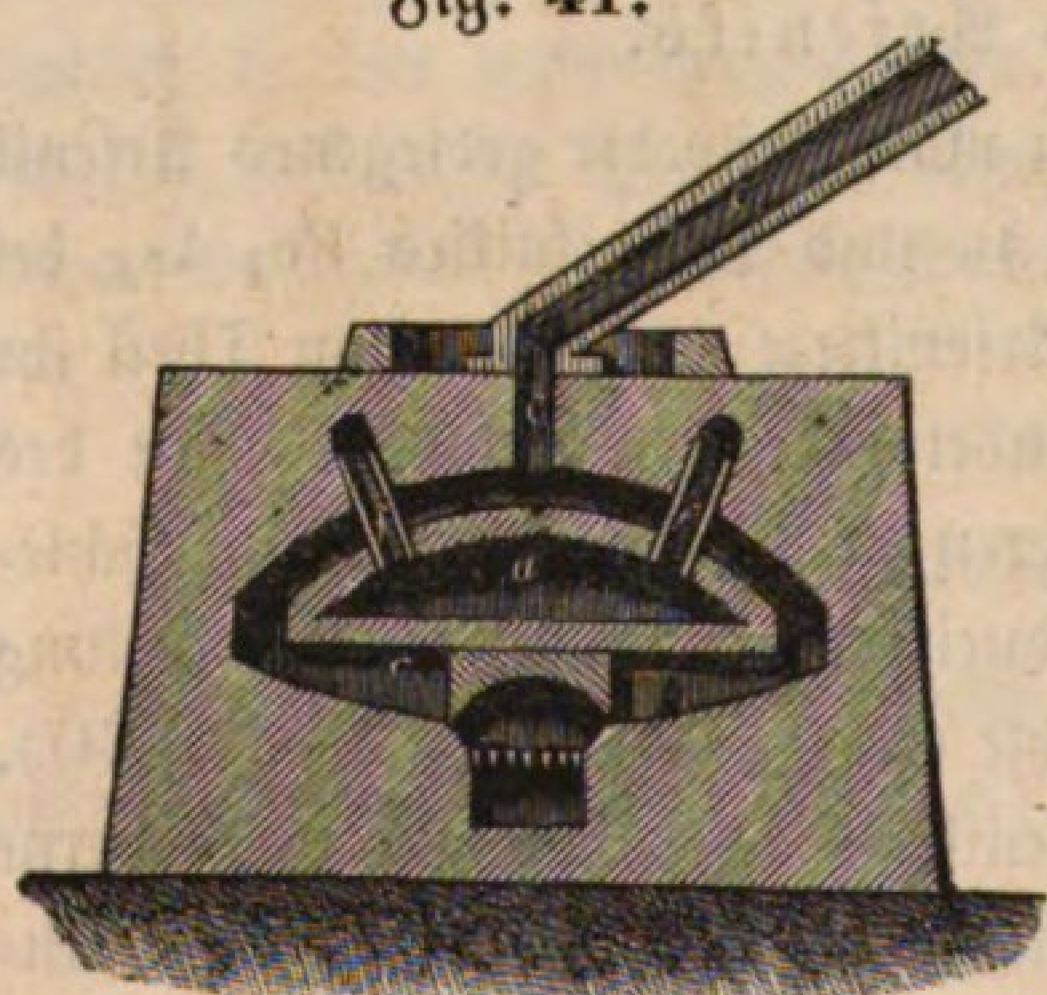
Gewinnung der arsenigen Säure.

Die arsenige Säure (weißes Arsenik, weißes Arsenikglas, Hüttenrauch, Rattenpulver, Giftmehl, acide arsenieux, arsenic blanc, ***arsenious acid, white arsenic***) wird meist als Nebenproduct beim Rösten arsenikhaltiger Silber-, Kobalt-, Nickel- und Zinnerze erhalten, seltener direct aus Arsenikerzen (Arsenikkies und Arsenikalkies) dargestellt. Die Arbeit zerfällt

1) in die Darstellung des Giftmehls,
2) in das Raffiniren desselben.

Das Giftmehl oder die pulverförmige arsenige Säure wird durch Rösten der arsenikhaltigen Substanz gewonnen. Würde das Rösten in einem gewöhnlichen Flammenofen vorgenommen, bei welchem die Flamme den Herd berührt, so wäre die Verunreinigung mit Asche, Ruß und Kohle unvermeidlich und es würde die so verunreinigte arsenige Säure bei der darauf folgenden Sublimation wieder zum Theil reducirt werden. Man wendet deshalb Flammenöfen an, bei welchen die Flamme unter den Herd geleitet wird. Rauch und Flamme werden, nachdem sie den Boden und die Seitenwände des Herdes erhitzt haben, durch einen besonderen Schornstein e (Fig. 41) abgeführt. Der Herd bildet daher eine Art großer Muffel, von welcher die Zeichnung den Querdurchschnitt zeigt; sie ist mit Kanälen ff versehen, durch welche die sich entwickelnden Dämpfe von arseniger Säure in die Condensationsräume (Giftfänge) gelangen. Früher bestanden diese Räume in einem oft hundert Fuß langen gemauerten Kanal. In solchen Kanälen wird aber der Zweck einer vollständigen Condensation nur sehr unvollkommen erreicht. Man zieht daher die sogenannten Giftthürme, massive Gebäude vor, in welchen große gewölbte Kammern in zwei oder drei Stockwerken über einander liegen. In der letzten Kammer des obersten Stockwerks ist eine Klappe, durch welche die nicht condensirten Dämpfe ins Freie entweichen. Nach Karsten sind die Kammern den Kanälen deshalb vorzuziehen,

Fig. 41.

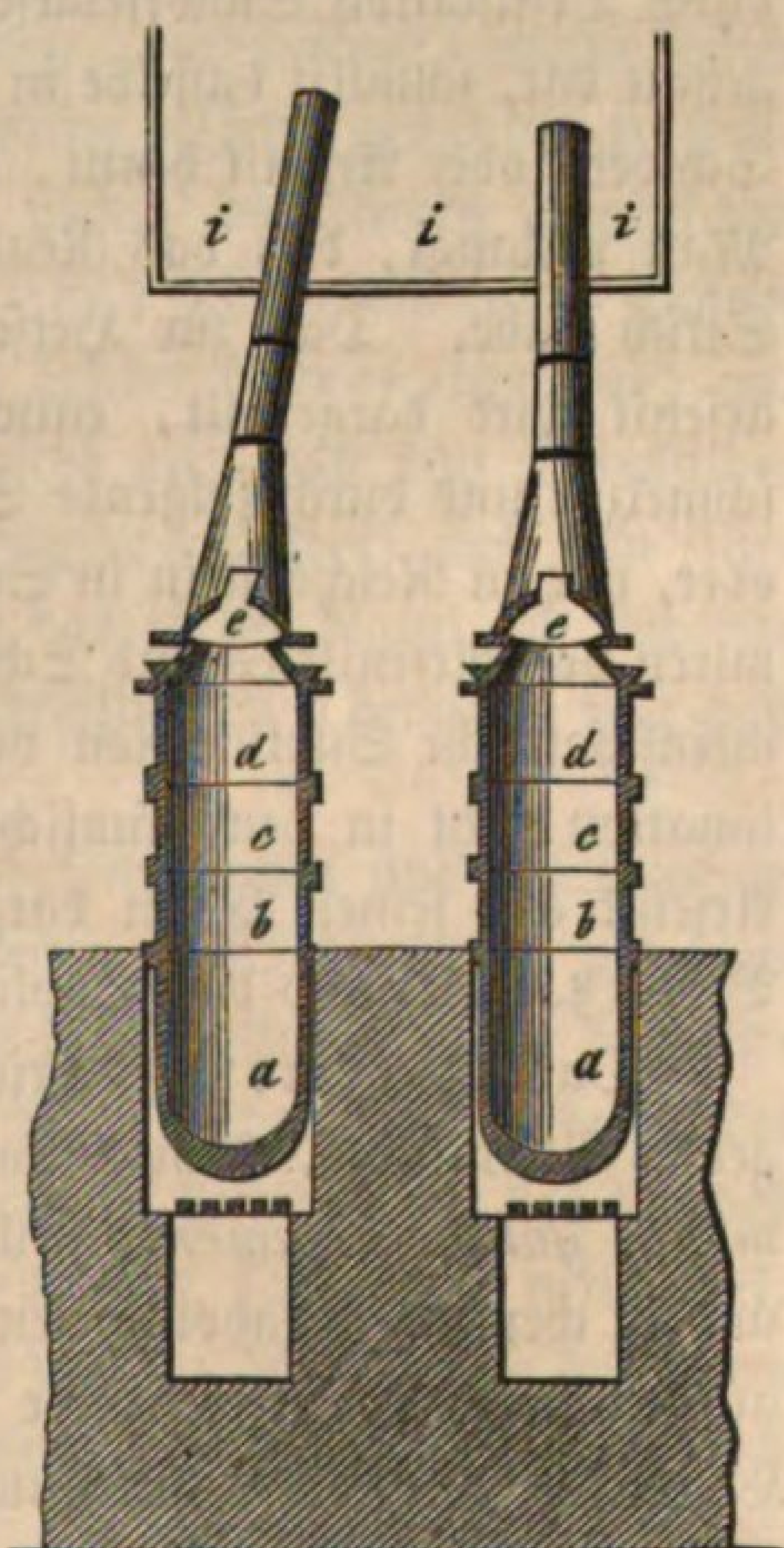


weil sie den Zug vermindern und ein weniger schwieriges, den Arbeitern weniger nachtheiliges Ausräumen des Giftmehles gestatten. Die Producte des Röstens sind das Giftmehl, ein graues Pulver, das nur selten in den Handel kommt und die Rückstände, Arsenikabbrände, die entweder, wie es zu Altenberg in Sachsen geschieht, beseitigt, oder, wie zu Reichenstein in Schlesien und zu Ribas in der spanischen Provinz Catalonien, auf Gold, oder endlich, wie zu Andreasberg am Harz, auf Silber verarbeitet werden.

§. 142.

Das Raffiniren der rohen arsenigen Säure oder des Giftmehls besteht in wiederholter Sublimation. Das Sublimiren geschieht in gußeisernen Raffinirkesseln a (Fig. 42), auf welche man eiserne oder zinkene Ringe (Trommeln, Hüte) b, c, d und auf diese eine gußeiserne Haube e stellt, welche den obersten Ring bedeckt und vermittelst einer Röhre mit der Condensationskammer i in Verbindung steht. Die Dämpfe, welche sich in den Röhren und in den Kammern verdichten, geben ein Sublimat, welches von Zeit zu Zeit gesammelt und gemeinschaftlich mit dem Mehl wieder sublimirt wird. Die Raffinirkessel hängen frei über dem Roste. Bei der Raffination des Giftmehles wird der über 2 Fuß hohe und $1^1/_2$ Fuß weite Raffinirkessel mit $3^1/_2$—$4^1/_2$ Ctr. Giftmehl angefüllt, darauf werden die Ringe oder Hüte aufgesetzt, die Fugen mit Thon lutirt und es wird mit dem Feuern begonnen. Die glasige arsenige Säure setzt sich an den Wänden der Ringe ab. Die richtige Temperatur ist von großer Wichtigkeit; ist die Hitze zu stark, so gelangen zu viel Dämpfe in die Condensationskammern und man erhält nur wenig Glas als Ausbeute. Bei zu niederer Temperatur schmilzt das Glas dagegen nicht vollständig und wird unscheinbar. Nach 12stündigem Feuern läßt man den Apparat erkalten. Den darauf folgenden Tag nimmt man das Arsenikglas und das Mehl heraus. Die glasige arsenige Säure wird in reine und unreine geschieden; erstere wird in große

Fig. 42.



Stücke zerschlagen und in Fässern von 1—2 Ctr. verpackt. Das unreine Glas wird wiederholt sublimirt. Das im Anfange vollkommene Glas mit muschligem Bruche, Glasglanz und Durchsichtigkeit wird mit der Zeit weiß, porzellanartig, opal- und wachsartig glänzend.

§. 143.

Verbindungen des Schwefels mit Arsenik.

Die beiden in der Technik Anwendung findenden Schwefelungsstufen des Arseniks sind das Realgar und das Operment.

Das Realgar (rothes Schwefelarsenik, rothes Arsenikglas, Sandarach, Rubinschwefel, Arsenrubin, sulfure d'arsenic rouge, *sulphide of arsenic, red orpiment*) ist eine Verbindung von 1 Aequiv. Arsenik mit 2 Aequiv. Schwefel; bei der hüttenmännischen Darstellung bezweckt man aber nicht sowohl eine constante chemische Verbindung, als vielmehr ein Product von bestimmter Farbennüance herzustellen. Man stellt deshalb zuerst durch Destillation Schwefelarsenik von größerem oder geringerem Schwefelgehalt dar, schmilzt dasselbe in gußeisernen Kesseln ein und setzt hierauf soviel Schwefel oder Arsenik hinzu, bis die gewünschte Farbennüance erreicht ist. Man verlangt, daß das Realgar eine rubinrothe Farbe und orangerothen Strich habe. Das zur Herstellung des Realgars angewendete Schwefelarsenik wird dargestellt, entweder, wie in Andreasberg, durch Zusammenschmelzen und durch folgende Sublimation von reinem Arsenik mit Schwefel, oder, wie zu Reichenstein in Schlesien, durch Zusammenschmelzen und Sublimiren von Arsenikkies und Schwefel, oder endlich, wie in Sachsen, durch gemeinschaftliche Sublimation von Arsenikkies und Schwefelkies. Die Sublimation geht in den nämlichen Oefen vor sich, in denen das reguliniſche Arsenik aus seinen Erzen dargestellt wird, nur fehlt das zusammengerollte Blech (§. 140) und das Sublimat sammelt sich in Vorlagen an.

Das Operment (Auripigment, Rauschgelb, gelbes Schwefelarsenik, gelbes Arsenikglas, deutosulfure d'arsenic, sulfure d'arsenic jaune, *orpiment, yellow orpiment*) stellt man auf den Arsenikhütten auf trocknem und in chemischen Laboratorien auf nassem Wege dar. Zur Bereitung auf trocknem Wege dient der nämliche Apparat, der zum Raffiniren des Giftmehls und zur Darstellung der glasigen arsenigen Säure Anwendung findet. Man wendet ein Gemenge von rohem Arsenikmehl mit 4,5—5 Proc. Schwefel an. Das beim ersten Sublimiren erhaltene Operment wird nochmals sublimirt. Wendet man bei der Annahme der Formel $As\ S_3$ für das Operment stöchiometrische Proportionen (d. h. auf 100 Th. arsenige Säure 73 Th. Schwefel) an, so erhält man ein unscheinbares Product, so daß nach

Lampadius das Operment als ein Gemenge oder als eine chemische Verbindung von Schwefelarsenik ($As\,S_3$) mit arseniger Säure ($As\,O_3$), demnach vielleicht als ein Arsenikoxysulfuret zu betrachten ist. Lampadius fand in dem Operment 6—10,5, Guibourt sogar 49 Proc. arsenige Säure. Es ist von orange- bis citronengelber Farbe.

Auf nassem Wege stellt man es durch Fällen einer mit Salzsäure angesäuerten Lösung von arseniger Säure oder einem arsenigsauren Alkali mit Schwefelwasserstoffgas, oder durch Mischen von Schwefelleberlösung mit arsenigsaurem Kali und Fällen durch Salzsäure dar, oder endlich durch Erhitzen von arseniger Säure mit kohlensaurem Kali und Schwefel, wodurch das Sulfosalz $As\,S_3 + Na\,S$ entsteht, aus welchem man durch verdünnte Schwefelsäure das gelbe Schwefelarsenik ausscheidet.

Das Quecksilber.

§. 144.

Das Quecksilber (mercure, *mercury, quicksilver*) scheint später als Gold, Silber, Kupfer, Blei, Zinn oder Eisen bekannt geworden zu sein. Moses spricht nicht davon und eben so wenig die älteren griechischen Schriftsteller. Theophrast (gegen 300 v. Chr.) führt es in seiner Schrift über Mineralien unter dem Namen flüssiges Silber (*χυτὸν ἄργυρον*) an. Dioskorides (im 1. Jahrh. n. Chr.) giebt an, daß das Quecksilber (*ὑδράργυρος*, von *ὕδωρ*, Wasser, und *ἄργυρος*, Silber) aus dem Zinnober dargestellt werde. Plinius bezeichnet das in der Natur sich findende Quecksilber mit argentum vivum. Den abendländischen Chemikern war das Quecksilber von jeher bekannt.

Das Quecksilber gehört zu den seltener vorkommenden und nur sparsam in der Erdrinde vertheilten Metallen. Im festen Zustande ist es nur unvollständig bekannt, man weiß nur, daß es in diesem Zustande eine krystallinische, dehnbare, geschmeidige und zinnweiße Masse bildet. Es findet in der Technik ziemlich häufige Anwendung und wird zur Gewinnung des Goldes und Silbers aus seinen Erzen in sehr bedeutender Quantität verwendet. Das Quecksilber schmilzt bei einer Temperatur von — 39,5°, also bei einem so niedrigen Wärmegrade, wie er auf der bewohnten Erdoberfläche nur selten angetroffen wird. Es ist fast silberweiß, starkglänzend, hat ein spec. Gewicht von 13,58, dehnt sich von seinem Aufthaupunkte bis zu + 100° vollkommen gleichmäßig aus und siedet bei 360°. Das Quecksilber verbindet sich mit vielen Metallen zu Verbindungen, die unter dem Namen Amalgame bekannt sind. Eisen und Platin verbinden sich nicht unmittelbar mit dem Quecksilber, eben so wenig Chrom, Nickel und Kobalt. Am

wichtigsten sind die Amalgame mit Gold, Silber, Kupfer, Zinn. Die Verbindungsfähigkeit des Quecksilbers mit Blei, Antimon, Arsenik und Wismuth erschwert mitunter die Gewinnung des Silbers aus seinen Erzen durch die Amalgamation.

§. 145.

Quecksilbererze.

Die wichtigsten Quecksilbererze sind folgende:

1) Gediegenes Quecksilber, zuweilen etwas Silber enthaltend, kommt fast in allen Quecksilberbergwerken, doch meist nur in geringer Quantität, in Gestalt von Tröpfchen vor, die in den Höhlungen des porösen Gesteines haften.

2) Zinnober (cinabre, vermillon, mercure sulfuré, *sulfuret of mercury*, HgS mit 86,29 Quecksilber und 13,71 Schwefel); er bricht auf Lagern und Gängen im krystallinischen Schiefergebirge, im Uebergangs- und Flötzgebirge, besonders mit Quecksilber, auch mit Schwefelkies und anderen Erzen, in Begleitung von Quarz, Eisenspath, Kalkspath ꝛc., und kommt zuweilen auch auf secundären Lagerstätten, in losen abgerundeten Stücken vor. Die ausgezeichnetsten Fundorte des Zinnobers sind Almaden und Almadenejas in Spanien, wo er schon im Alterthume gewonnen wurde, und Idria in Krain. Ferner findet sich der Zinnober in Deutschland auf den vormals ergiebigen Lagerstätten der bayerischen Rheinpfalz, besonders bei Wolfstein, am Stahlberge, Moschellandsberge, am Potzberge bei Kusel (die jährliche Ausbeute an Quecksilber in den pfälzischen Quecksilberbergwerken beträgt gegenwärtig (1857) nicht viel mehr als 80 Ctr.), zu Neumärktel in Krain, in einigen Gegenden Kärnthens, zu Eisenerz in Steiermark, Horzowitz in Böhmen, an mehreren Orten Ungarns und Siebenbürgens, am Ural, in China und Japan, in Mexico und Peru, und in sehr bedeutender Menge in Californien. Der Zinnober ist das Hauptquecksilbererz.

Hierbei verdient auch das Quecksilberlebererz (mine hépatique de mercure, *hepatic mercurial-ore*) Erwähnung, ein unreiner, mit vielen thonigen und bituminösen Theilen gemengter Zinnober oder auch ein zinnober- und paraffinreicher Kohlenschiefer. Das Vorkommen des Lebererzes ist, soviel bekannt, auf Krain beschränkt.

Von den übrigen Quecksilbererzen sei nur noch das Quecksilberfahlerz mit 2—15 Proc. Quecksilber erwähnt.

Das in der Natur im gediegenen Zustande vorkommende Quecksilber wird theils in den Gruben, theils bei den Aufbereitungsarbeiten nebenbei gewonnen und führt zu Idria den Namen Jungfernquecksilber.

Der bei weitem größte Theil des gediegenen Quecksilbers bleibt aber in dem Erz und wird durch die metallurgischen Arbeiten abgeschieden. Das gediegene Quecksilber ist jedoch stets nur Gegenstand der zufälligen Verarbeitung der Quecksilbererze, unter welchen man immer den Zinnober versteht. Der reine und in derber Masse sich findende Zinnober wird als Malerfarbe benutzt und nur der mit der Bergart gemengte Zinnober (Lebererz, Korallenerz und Quecksilberbranderz) zur Gewinnung des Quecksilbers benutzt. Die Art der Aufbereitung ist von der Art des Vorkommens des Zinnobers abhängig. Findet sich derselbe sehr fein eingesprengt, so befreit man die ganze erzführende Gangart durch die Handscheidung nur von dem tauben Gesteine und zerschlägt die Gangart zu kleinen Stücken, anstatt dieselbe durch die Poch- und Wascharbeit anzureichern und zu Schlich zu ziehen. Vorbereitende Arbeiten kommen bei den Quecksilbererzen nicht vor, da der Zinnober durch atmosphärische Luft, durch Kohle und Kalk schon sehr leicht zersetzt wird.

§. 146.

Gewinnung des Quecksilbers.

Die Gewinnung des Quecksilbers aus dem Zinnober geschieht nach Kerl:

1) Durch Röstung des Zinnobers

a) in Schachtöfen,

α) wobei die Verdichtung der Quecksilberdämpfe in gemauerten oder eisernen Kammern vor sich geht, wie in Idria;

β) oder in röhrenartig zusammengefügten Thongefäßen (Aludeln), wie zu Almaden in Spanien;

b) in Flammenöfen, ein neueres in Idria angewendetes Verfahren.

2) Durch Zerlegen des Zinnobers in geschlossenen Räumen durch Zuschläge,

a) durch Eisenhammerschlag in Glockenöfen zu Horzowitz in Böhmen;

b) durch Kalk in eisernen Retorten in der Rheinpfalz;

c) durch Kalk in Thonretorten zu Szalathna in Siebenbürgen.

3) Durch Zerlegen des Zinnobers durch Röstung und durch Zuschläge in Schachtöfen in Californien.

§. 147.
Gewinnung des Quecksilbers durch Röstung in Schachtöfen.

Verfahren zu Idria. Das große Quecksilberbergwerk in der Bergstadt Idria in einem Tiefthale der Krainer Alpenkette wurde von Venetianern gegen das Jahr 1497 angelegt und erst in der letzten Hälfte des 16. Jahrhunderts kam das Werk in Besitz der österreichischen Regierung. Das Erz wird zuerst in der Grube geschieden und die reichen Stufen werden von den Bergleuten besonders ausgehalten und dann sofort der Destillation unterworfen, während das Grubenklein dagegen erst gewaschen, gesetzt und geklaubt werden muß. Der zum Röſten des Erzes angewendete Apparat besteht aus zwei zusammenstoßenden Oefen, von denen jeder mit einer Verdichtungskammer versehen ist, in welcher das Quecksilber sich ansammelt. Auf das Gewölbe a des Ofens (Fig. 43) schüttet man das zu röstende Erz, vermauert hierauf die Oeffnungen, durch welche das Erz eingetragen wurde,

Fig. 43.



und entzündet das Brennmaterial, gewöhnlich Buchenholz, auf dem Rost b. Man steigert nach und nach die Hitze bis zum Dunkelrothglühen und erhält sie darin 10—12 Stunden. Durch den stattfindenden starken Zug gelangt die zum Rösten des Schwefelquecksilbers erforderliche Luft in den Ofen. Durch die hohe Temperatur entweicht der Zinnober aus dem Erz in Dampfgestalt und verwandelt sich durch die Einwirkung des Sauerstoffs der Luft in schweflige Säure und metallisches Quecksilber ($HgS + 2O = SO_2 + Hg$). Die Verbrennungsproducte entweichen durch das Rohr c in die massiven, mit Kalkmörtel überzogenen Verdichtungskammern A, B, C ꝛc., deren Sohle aus

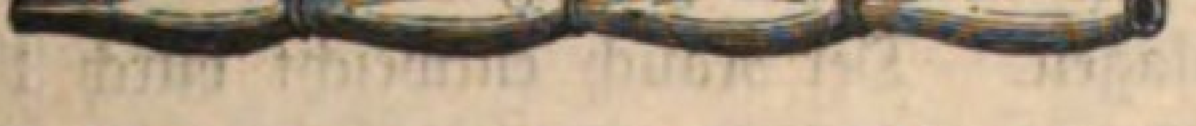
festgestampftem Thon in Form zweier gegen einander geneigter Ebenen besteht, von welchen das condensirte Quecksilber in einer Steinrinne in ein Reservoir aus Porphyr abfließt. In der letzten Kammer fließt aus dem Wasserbehälter fortwährend kaltes Wasser ein. Die letzten Spuren von Quecksilber verdichten sich in den Rauchkammern g und d.

Um Brennmaterial und Zeit zu ersparen, hat man in der neueren Zeit in Idria Versuche mit Flammenöfen angestellt, welche eine ununterbrochene Quecksilberdestillation gestatten; es hat sich dabei besonders der Flammenofen von Alberti, namentlich zur Aufarbeitung des armen Erzkleines bewährt.

§. 148.

Verfahren in Spanien. Die Quecksilberlagerstätten zu Almaden und Almadenejas in der Provinz la Mancha werden schon seit frühestem Alterthum ausgebeutet. Plinius erzählt, daß die Griechen siebenhundert Jahre vor unserer Zeitrechnung aus Spanien Zinnober holten. Später brachten die Römer unter dem Namen Minium über 100,000 Pfd. Zinnober jährlich nach der Hauptstadt ihres Reiches. Die Mächtigkeit der Gänge ist so bedeutend, daß ungeachtet des seit langen Jahrhunderten dauernden Bergbaues, die Gruben bis jetzt nur wenig über 900 Fuß Tiefe erlangt haben. Bis zum Jahre 1645 wandte man in Almaden irdene Retorten an, welche man mit einem Gemenge von Erz und Kalk beschickte. Juan Alonzo Bustamente führte um jene Zeit einen Ofen ein, der, obgleich er seinem Zwecke nur unvollkommen entsprach, dennoch angenommen wurde. Bei der Einrichtung in Almaden geschieht die Verdichtung der Quecksilberdämpfe in Aludeln, d. i. birnförmigen, an beiden Enden offenen Gefäßen von gebranntem Thon, welche so in einander gefügt werden, daß, wie Fig. 44 zeigt, das dünnere Ende des einen in das weitere des anderen paßt, und daß nach dem Lutiren der Fugen mit Thon und Asche lange Reihen — Aludelschnüre — entstehen. Der Ofen A ist ein

Fig. 44.



cylindrischer Schachtofen, der durch ein durchbrochenes Gewölbe in zwei Abtheilungen getheilt ist. In der untern Abtheilung wird gefeuert, in die obere wird das Erz gebracht, in der Weise, daß zu unterst große Stücke eines zinnoberhaltigen Sandsteines gebracht werden, der wegen geringen Gehaltes keine weitere Scheidung zuläßt; auf diese Steine bringt man das reiche

Erz. Ein Gewölbe schließt oben den Ofen; die Oeffnung zum Eintragen der obersten Schichten ist mit einer lutirten Thonplatte bedeckt. Die Dämpfe treten zuerst in die Kammern c c und dann in die zwölf Aludelreihen. Jede Reihe ist 65—66 Fuß lang und zählt 44 Aludeln; es sind demnach 528 Aludeln in jedem Ofen. Die Reihen liegen auf dem geneigten Aludelplan.

Fig. 45.

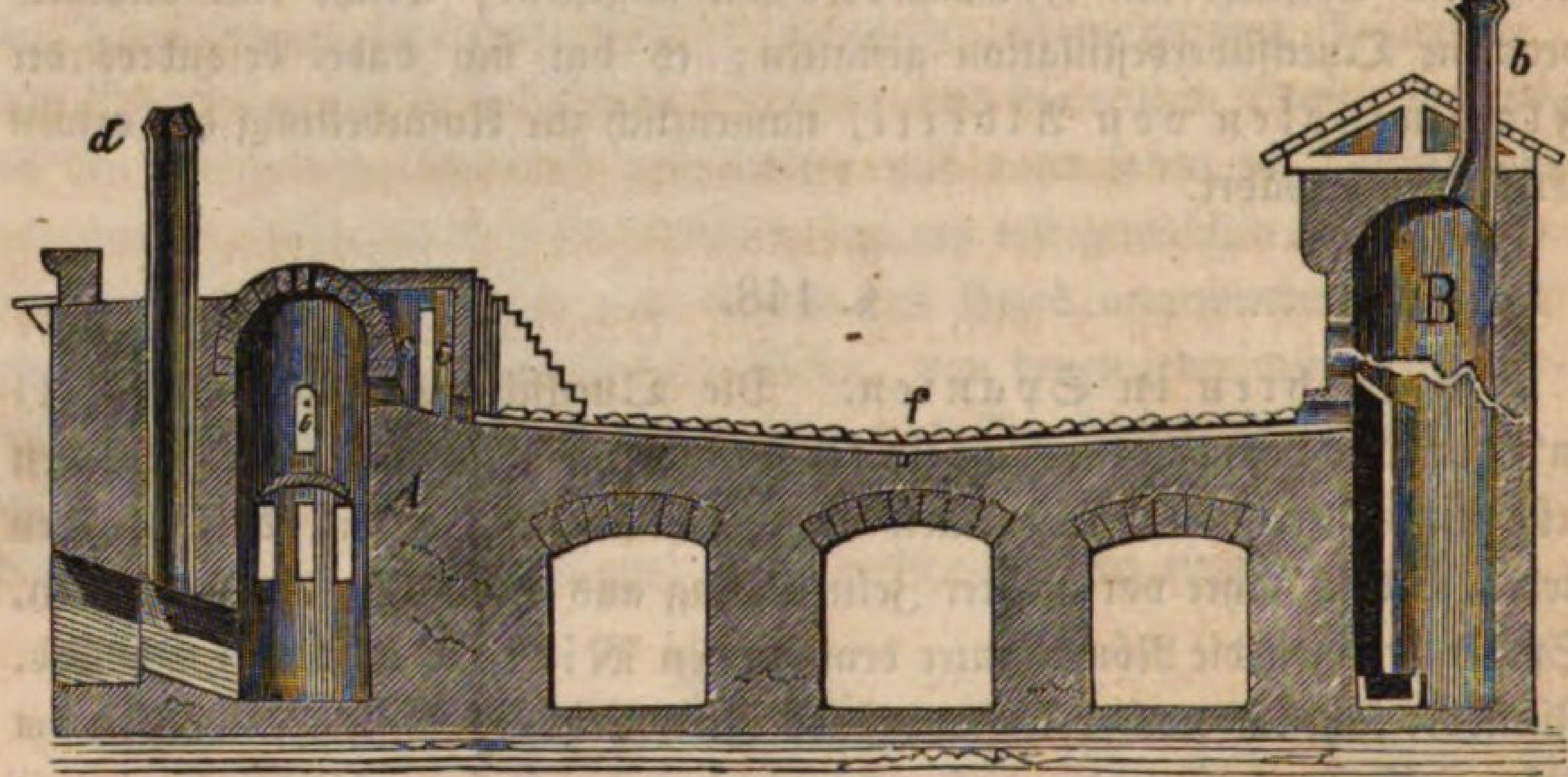
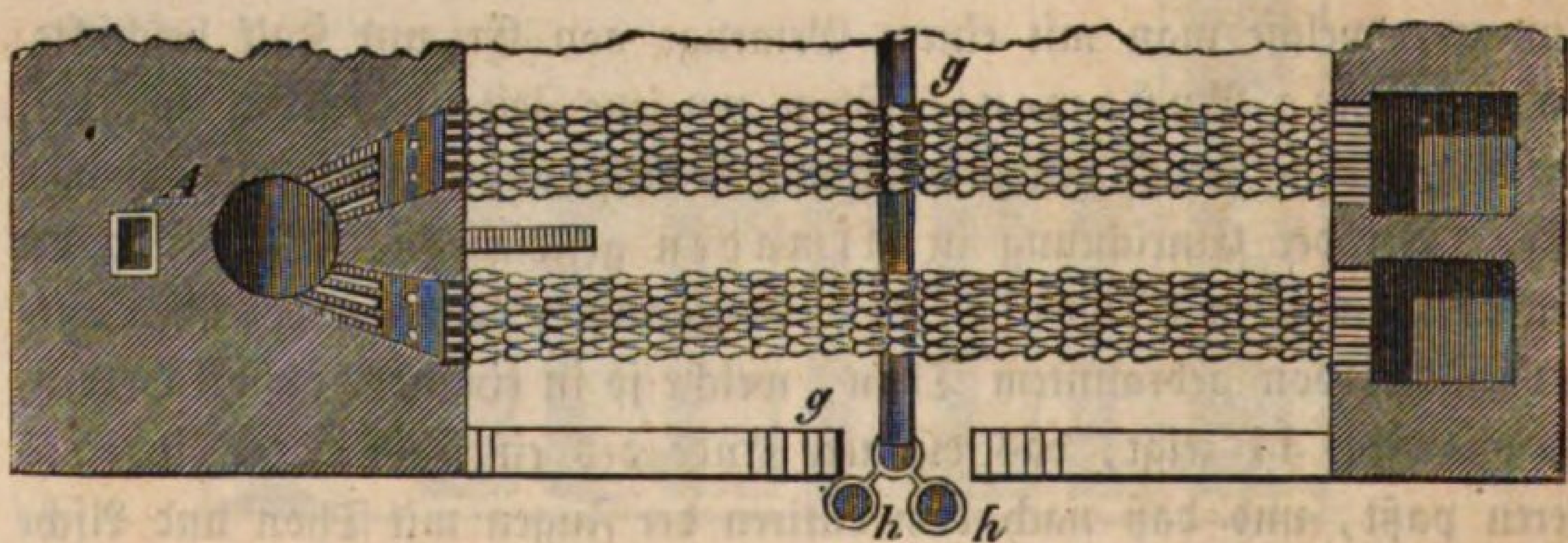


Fig. 46.



Aus der am tiefsten Punkte liegenden Aludel bei f fließt das verdichtete Quecksilber durch eine Rinne g in die steinernen Behälter h h. Die in den Aludeln nicht verdichteten Dämpfe gelangen in die Kammer B, wo sie sich vollständig niederschlagen. Der Rauch entweicht durch den Schornstein b. Man feuert mit Reisig 15—18 Stunden lang. Der Apparat braucht drei Tage zum Erkalten. Nach Ablauf dieser Zeit nimmt man die Aludeln auseinander, räumt den Ofen aus, besetzt ihn von Neuem ꝛc. Das mit Ruß verunreinigte Quecksilber wird dadurch gereinigt, daß man es über eine etwas geneigte Fläche fließen läßt. Der Ruß adhärirt der Fläche, während

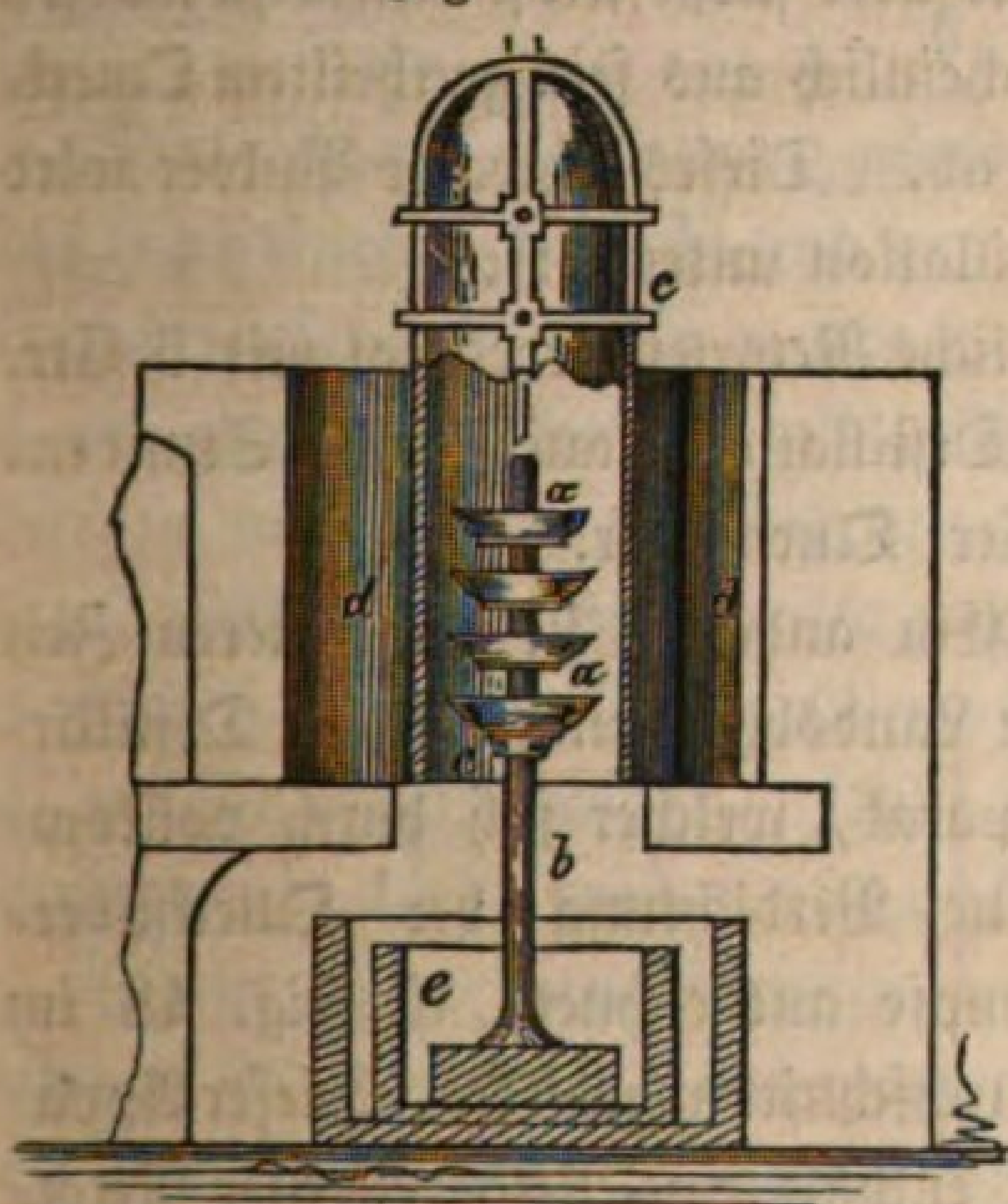
das Quecksilber ziemlich rein in einen Sumpf abfließt. Der rußige Staub wird ebenso wie der in der Kammer B sich ansammelnde gesammelt und von Neuem destillirt. Die in dem Ofen eingesetzte Erzmasse beträgt 250—300 Centner, welche 25—30, zuweilen, obgleich selten, 60 Ctr. liefert. Das Quecksilber wird in schafledernen Beuteln oder auch in schmiedeeisernen Flaschen versendet.

§. 149.

Gewinnung des Quecksilbers durch Zerlegen des Schwefelquecksilbers durch Zuschläge.

Verfahren zu Horzowitz in Böhmen. Der mit Thoneisenstein brechende Zinnober wird mit $^1/_4$—$^1/_3$ Eisenhammerschlag (Eisenoxydul-Oxyd) beschickt und in einem **Glockenofen** (Fig. 47) auf eiserne Teller oder Schalen a gebracht, die an einem eisernen Dorne befestigt und mit einer eisernen, in Wasser tauchenden Glocke c c bedeckt sind. Die Glocke befindet sich in dem gemauerten Ofenschachte d d und wird durch Steinkohlenfeuer zum Glühen gebracht. Das niederfallende Quecksilber sammelt sich in dem Wasser in e an. Jede Glocke, deren sechs in einem Ofen sich befinden, enthält $^1/_2$ Ctr. Erz und $^1/_4$ Ctr. Hammerschlag, zu deren Verarbeitung 30—36 Stunden erforderlich sind.

Fig. 47.



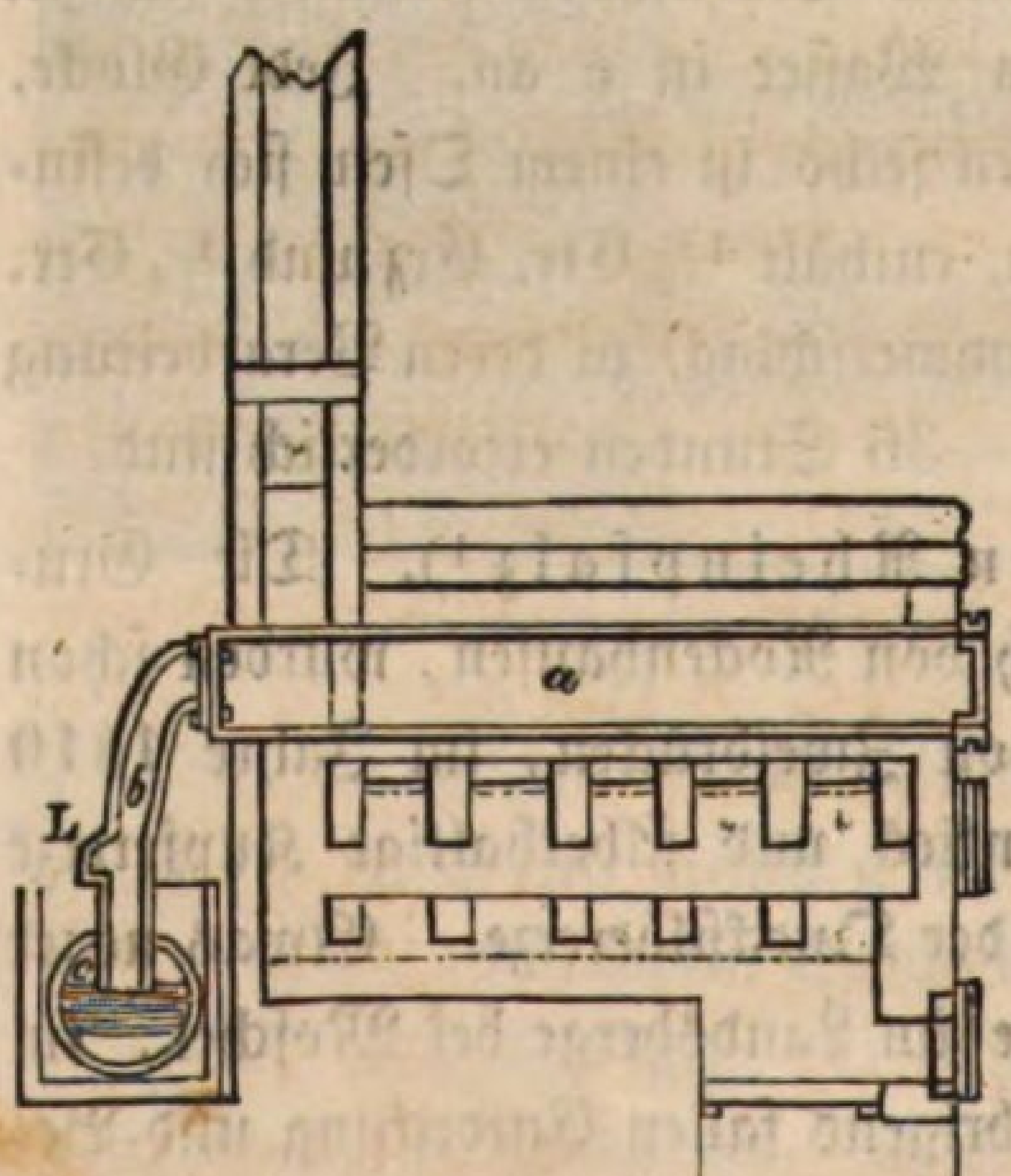
Verfahren in der bayerischen Rheinpfalz [1]. Die Gruben am Roßwalde bei Stahlberg, nördlich von Rockenhausen, wurden schon unter **Stephan**, dem ersten Herzoge von Zweibrücken, im Jahre 1410 eröffnet. Man gewann anfänglich Eisenkies und silberhaltige Kupfererze und lernte erst später das Zugutemachen der Quecksilbererze. Etwas neuer als die Gruben am Stahlberge sind jene im Landsberge bei Moschel, im Potzberge bei Kusel und bei Wolfstein; übrigens fallen Entdeckung und Benutzung der dortigen Quecksilbererzlagerstätten gleichfalls ins 15. Jahrhundert. Der Zinnober ist in Sandstein eingesprengt. Der Quecksilbergehalt

[1] Die Gesammtausbeute an Quecksilber in der Pfalz beträgt gegenwärtig jährlich nicht viel mehr als 80 Ctr.

des Gesteines macht gewöhnlich 0,005 und zuweilen 0,01 Proc. aus. Soll die Ausbeute an Quecksilber die Kosten des Ausbringens lohnen, so muß der Quecksilbergehalt des Erzes $^1/_{600}$ betragen. Man nimmt die Zersetzung des Schwefelquecksilbers in eisernen Retorten, von denen 30—50 Stück in einem Galeerenofen liegen, durch Kalk vor, wobei Quecksilberdämpfe entweichen und ein Gemenge von Schwefelcalcium, unterschwefligsaurem und schwefelsaurem Kalk zurückbleibt. Zu Obermoschel enthält jede Retorte ein Gemenge von 40 Pfd. reichem Erz und 15—18 Pfd. Kalk, und ist mit einer thönernen Vorlage versehen, welche zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist. Die zusammengefügten Stellen werden mit Lehm lutirt. Man steigert allmälig die Hitze bis zum Rothglühen. Jede Operation dauert zehn Stunden. Nach deren Beendigung wird der Inhalt der Vorlagen in ein mit Wasser gefülltes Thonbecken gezogen und darin verwaschen; das Quecksilber bleibt darin zurück, das Wasser aber fließt nebst einem schwarzen Pulver (Quecksilberschwarz), wahrscheinlich aus fein zertheiltem Quecksilber und Schwefelquecksilber bestehend, ab. Dieses schwarze Pulver wird gesammelt und mit Kalk einer neuen Destillation unterworfen.

Am Landsberge werden sämmtliche Retorten jedesmal mit 5 Ctr. Erz und 1—2 Ctr. Kalk besetzt. Die Destillation dauert sechs Stunden. Drei Destillationen liefern ungefähr $^1/_2$ Ctr. Quecksilber.

Fig. 48.



Ein anderer, in der neueren Zeit am Landsberge eingerichteter Destillirapparat, welcher sich durch vollkommene Verdichtung der Quecksilberdämpfe auszeichnet, ist Fig. 48 im Durchschnitt abgebildet. Dieser Apparat enthält eine Reihe eiserner Retorten a, welche nach Art der Gasretorten über einer Feuerung eingemauert sind. Die Mündung der Retorte ist durch eine Platte verschlossen, während von dem anderen Ende ein Rohr b nach abwärts geht und bei L mit einer Dille versehen ist, die mit einem Schraubenpflock verschlossen wird. Durch L kann man einen Eisendraht einführen, um sich zu überzeugen, daß das Rohr rein und frei von Quecksilberschwarz ist. Die Condensationsvorrichtung besteht aus einem zur Hälfte mit Wasser angefüllten Gefäße c; das Rohr b taucht etwa einen Zoll tief in das

Wasser ein. Aus diesem Gefäße fließt das Quecksilber durch eine Röhre in einen eisernen Kasten. In einem Ofen befinden sich neun Retorten, jede Retorte nimmt 5 Ctr. Erz auf. Es können mit diesen neun Retorten in 24 Stunden 360 Ctr. Erz verarbeitet werden.

Zu Neu-Almaden in Californien werden die Zinnobererze mit gepulvertem gebranntem Kalk gemengt aus eisernen Retorten destillirt.

Das Verfahren zu Szalathna in Siebenbürgen weicht von dem pfälzischen nur durch die thönernen Retorten, die man dort anwendet, ab.

Zu Altwasser in Ungarn gewinnt man Quecksilber durch Rösten von Quecksilberfahlerzen und Auswaschen des in die oberen Erzschichten sublimirenden Quecksilbers.

Das Platin.

§. 150.

Das Platin (platine, *platinum*) wurde in Südamerika entdeckt, 1741 nach Europa gebracht und von Antonio de Ulloa, einem Spanier, näher beschrieben. 1752 wurde es von dem Schweden Scheffer zuerst als ein eigenthümliches Metall bestimmt. Der Name ist dem Spanischen *Platinja* nachgebildet und bedeutet so viel, als dem Silber ähnlich, von *Plata*, Silber. In Südamerika findet sich das Platin vorzüglich im Sande des Flusses Pinto in Choco (Neu-Granada), auch kommt es in Brasilien und auf St. Domingo vor. 1822 wurde es am Ural entdeckt; diese Entdeckung wurde 1823 durch Lubarski bestätigt. In neuerer Zeit hat man das Platin in geringen Mengen an vielen Orten der Erdoberfläche angetroffen. Pettenkofer hat sogar nachgewiesen, daß alles Silber, welches nicht direct aus einer Scheidung herrührt, einen kleinen Platingehalt habe.

Das Platin findet sich selten auf der ursprünglichen Lagerstätte, sondern in aufgeschwemmten Massen, im losen Gemenge mit Gold, Iridium-Osmium, Magneteisenstein, Chromeisenstein, Quarz, Zirkon. Am Ural ist das Platin von Geschieben von verschiedenen Gebirgsarten, vorzüglich aber von Serpentin begleitet. Hierdurch, sowie durch das gemeinschaftliche Vorkommen des Chromeisens, welches mit den größeren Platingeschieben häufig verwachsen ist und auch in den Serpentingeschieben sich findet, wird es nach G. Rose sehr wahrscheinlich, daß Serpentin das ursprüngliche Muttergestein des Platins ist.

Das in der Natur sich findende gediegene Platin enthält 73,58 bis 86,50 Proc. Platin, außerdem neben Gold und Eisen die fortwährenden Begleiter des Platins: Iridium, Rhodium, Osmium, Palladium und Ru-

thenium; nicht selten ist es mit Körnern von Osmium-Iridium, Gold, Chromeisen, Titaneisen, Spinell, Zirkon und Quarz gemengt.

§. 151.

Das Platin ist ein fast silberweißes, sehr glänzendes, hämmer- und streckbares Metall, welches so weich ist, daß es mit der Scheere geschnitten werden kann. Das specifische Gewicht des Platins ist 21,0—23,0. Bei dem gewöhnlichen Ofenfeuer ist das Platin fast gänzlich unschmelzbar, erweicht aber und läßt sich in diesem Zustande schweißen; in kleiner Quantität kann es vor dem Knallgasgebläse und durch starke galvanische Batterien geschmolzen werden.

§. 152.

Gewinnung des Platins aus seinen Erzen.

Das reine Platin wird aus dem gediegenen Platin (Platinerz) auf folgende Weise gewonnen. Nach dem Waschen werden die Erze bis zum Glühen erhitzt und darauf mit Salzsäure behandelt. Darauf übergießt man die Erze mit kaltem Königswasser, um das Gold zu entfernen, filtrirt ab und behandelt den Rückstand in einer Retorte von Neuem mit Königswasser. Die abdestillirte Flüssigkeit enthält Osmiumsäure, der ungelöste Rückstand Osmium-Iridium, Ruthenium, Chromeisenstein und Titaneisen, während in der Flüssigkeit Palladium, Platin, Rhodium und eine geringe Menge Iridium enthalten sind. Diese Lösung wird mittelst kohlensauren Natrons neutralisirt und mit einer Lösung von Cyanquecksilber versetzt, wodurch das Palladium als Cyanpalladium ausgeschieden wird. Die vom Cyanpalladium abfiltrirte Flüssigkeit wird durch Abdampfen concentrirt und mit einer gesättigten Lösung von Salmiak versetzt, wodurch Platinsalmiak ($Pt\,Cl_2$, $NH_4\,Cl$) mit einer Spur Iridium gefällt wird. Für die technische Anwendung ist diese geringe Beimengung von Iridium nicht nachtheilig, weil sie dem Platin die zum Verarbeiten nöthige Härte ertheilt. Der Platinsalmiak wird getrocknet und geglüht, wodurch das metallische Platin als schwammige Masse, als Platinschwamm (éponge de platine, mousse de pl.) zurückbleibt.

Nach Heß besteht die Kostbarkeit der Behandlung der Platinerze hauptsächlich darin, daß dieselben sehr schwierig vom Königswasser angegriffen werden, von welchem sie das 8—10fache ihres Gewichtes erfordern. Dies wird nach folgendem, schon früher von Descotils empfohlenen Verfahren vermieden. Man schmilzt das Erz mit der 2—3fachen Gewichtsmenge Zink zusammen. Die entstehende gleichartige und spröde Legirung wird gepul-

vert und gesiebt und mit verdünnter Schwefelsäure behandelt, welche der Legirung das Zink und den größten Theil des Eisens entzieht. Der sehr fein zertheilte Rückstand wird mit Salpetersäure behandelt, in welcher sich Kupfer, Blei und zuweilen Palladium auflöst. Der Rückstand wird wie gewöhnlich mit Königswasser behandelt und löst sich seiner großen Vertheilung wegen sehr leicht.

§. 153.

Den erhaltenen Platinschwamm verwandelt man durch Pressen in eine cohärente Masse. Nach Wollaston preßt man das Platinpulver in messingenen oder eisernen Cylindern mit stählernen Kolben zu einem harten und festen Stück zusammen, das man zuerst bis zum Rothglühen erhitzt, um alles Wasser auszutreiben und ihm größere Cohäsion zu ertheilen. Hierauf setzt man die Masse einem starken Windofenfeuer aus. Nachdem die Masse aus dem Ofen genommen worden ist, bearbeitet man sie unter dem Hammer. Nunmehr kann dem Stück durch abwechselndes Erhitzen und Hämmern die gewünschte Form gegeben werden. Nachdem der Cylinder ausgehämmert ist, reinigt man seine Oberfläche, indem man ihn mit einem feuchten Gemenge von gleichen Theilen Borax und Weinstein überzieht und glüht. Nach dem Glühen bringt man das Platin in verdünnte Schwefelsäure, welche sehr bald den Fluß auflöst. Das so erhaltene Platin kann zu Draht ausgezogen und zu Blättchen ausgeschlagen werden. M. Pettenkofer hat die Methode von Wollaston verbessert, indem er zunächst iridiumfreien Platinschwamm darstellt; dies geschieht, indem auf die gewöhnliche Weise bereiteter Platinschwamm in Königswasser aufgelöst, aus der Lösung durch Salmiak Platinsalmiak gefällt, letzterer gelinde ausgeglüht, der erhaltene lockere Schwamm mit Salpetersäure ausgekocht und hierauf mit Wasser gut ausgewaschen wird. Der mit Wasser zu einem Brei angerührte Schwamm wird in viereckigen gußeisernen Formen gepreßt und das erhaltene Platinstück unter wiederholtem Erhitzen bis zum Weißglühen auf einem Ambos ausgehämmert, das Blech zur Reinigung der Oberfläche mit einem Gemenge von Borax und Potasche bestreut und erhitzt.

Das Silber.

§. 154.

Das Silber (argent, *silver*) gehört zu den am frühsten bekannten Metallen; Moses erwähnt bereits des Silbers. In mehreren der ältern Sprachen deutet die Bezeichnung dieses Metalls auf seine Farbe hin, so z. B. in der griechischen (ἄργυρος Silber; ἀργός weiß).

Das reine Silber (Feinsilber) ist von rein weißer Farbe und von starkem Glanz, der durch Politur außerordentlich erhöht wird. Auf dem frischen Bruche hat es ein mehr geflossenes und dichtes, als ein hakiges Ansehen. Es ist weicher als Kupfer, aber härter als Gold. Im reinen Zustande ist es am weichsten und besitzt einen dumpfen Klang. Es ist außerordentlich dehnbar und geschmeidig und übertrifft in dieser Beziehung mit Ausnahme des Goldes alle übrigen Metalle. Höchst geringe Beimischungen anderer Metalle vermindern die Dehnbarkeit und Geschmeidigkeit; ein Kupfergehalt ist dagegen nicht nachtheilig, ein Goldgehalt sogar vortheilhaft. Sehr nachtheilig ist dagegen ein Gehalt von Blei und Antimon. Durch Schmelzen mit Kohle verliert das Silber an Geschmeidigkeit und erhält bei der Bearbeitung unter dem Hammer und Walzwerk Risse und Sprünge. Durch das Umschmelzen des Silbers im Graphittiegel wird das Silber in seinen Eigenschaften nicht verändert. Das specifische Gewicht des Silbers ist ungefähr 10,5 und kann durch Hämmern bis auf 10,7 erhöht werden. Die absolute Festigkeit des Silbers ist geringer als jene des Kupfers; sie beträgt, auf einen Quadratzoll reducirt, für gegossenes Silber 36,500 Pfd. (?), für hartgezogenen Draht 40,000 bis 52,400, für geglühten Draht 22,800 bis 24,700 Pfd. (Karmarsch). In der Wärme dehnt es sich von 0 bis 100° um $^1/_{524}$ aus und schmilzt bei 1022°. Bei sehr hoher Temperatur, die nur durch das Knallgasgebläse, durch Brennspiegel oder durch galvanische Batterien hervorgebracht werden kann, verflüchtigt sich das Silber. Im geschmolzenen Zustande und bei Luftzutritt absorbirt das Silber Sauerstoffgas, welches erst bei dem Erkalten des Silbers, oft mit Geräusch und unter Umherspritzen von flüssigem Silber entweicht (Spratzen oder Sprützen des Silbers). Enthält das Silber eine geringe Quantität Blei oder etwa 1 Proc. Kupfer, so erstarrt es ruhig mit concaver Oberfläche, indem es nach dem Erkalten ein geringeres Volumen einnimmt, als im geschmolzenen Zustande. Das Silber wird von schwachen Säuren nicht angegriffen, von Salpetersäure aber schon in der Kälte, von concentrirter Schwefelsäure beim Erhitzen gelöst.

§. 155.

Silbererze.

Man unterscheidet 1) eigentliche Silbererze, in welchen das Silber einen Hauptbestandtheil ausmacht, und 2) solche Erze, welche außer einem geringen Gehalte an Silber noch andere nutzbare oder nicht nutzbare Metalle enthalten.

Zu den eigentlichen Silbererzen rechnet man folgende:

1) **Gediegenes Silber** enthält zuweilen einige Procente Antimon und Kupfer und Arsenik, und kommt auf Gängen, selten auf Lagern in den krystallinischen Schiefern, vorzüglich im Gneuß, Glimmer und Hornblendeschiefer, ferner im Granit, Syenit, Porphyr, im Uebergangs- und älteren Flötzgebirge vor, in Begleitung von Arsenik, Silberglanz, Rothgültigerz und anderen Mineralien, namentlich mit Kalkspath, Flußspath, Quarz, Hornstein. Ausgezeichnete Fundorte sind: Freiberg, Johann-Georgenstadt in Sachsen, Andreasberg am Harz, Joachimsthal, Przibram in Böhmen, Schemnitz in Ungarn, Kongsberg in Norwegen, in Sibirien, Mexico, Peru rc.

2) **Antimonsilber** (argent antimonial, *antimonial silver*, $Ag_4 Sb$ und $Ag_6 Sb$, enthält nach ersterer Formel 77 Silber und 23 Antimon) findet sich am ausgezeichnetsten zu Andreasberg am Harz und ist für das Silberausbringen daselbst von großer Wichtigkeit.

3) **Silberglanz**, Glaserz, Weichgewächs (argent sulfuré, argent vitreux, *silver-glance*, $Ag S$ mit 87 Silber und 13 Schwefel) findet sich häufig und ausgezeichnet in Sachsen, Böhmen, Ungarn und Norwegen und gehört zu den wichtigsten Silbererzen. Die Geschmeidigkeit dieses Erzes ist so groß, daß es in reinen Stücken sich vollkommen prägen läßt.

4) **Sprödglaserz**, Schwarzgültigerz (argent sulfuré noir, *brittle silver-glance*, $Sb S_3$, $6 Ag S$ mit 70,3 Silber, 13,9 Antimon und 15,8 Schwefel) findet sich vorzüglich in Sachsen, Böhmen und Ungarn und ist ein wichtiges Silbererz.

5) **Rothgültigerz** (Silberblende, Pyrargyrit) in seinen beiden Varietäten **Dunkles** und **Lichtes Rothgültigerz**:

α) **Dunkles Rothgültigerz** (Antimonsilberblende, argent rouge, argent sulfuré antimoinié, *red silver-ore*, *antimoniated sulphuret of silver*, $Sb S_3 + 3 Ag S$ mit 58,98 Silber, 23,46 Antimon und 17,56 Schwefel);

β) **Lichtes Rothgültigerz** (Arsensilberblende, Rubinblende, $As S_3 + 3 Ag S$ mit 65,38 Silber, 15,16 Arsenik und 19,46 Schwefel, ein Theil des Arseniks ist häufig durch Antimon ersetzt).

Das Rothgültigerz findet sich auf Gängen im krystallinischen Schiefer- und Uebergangsgebirge, im Granit, Trachyt, mit Arsenik, Silberglanz, Sprödglaserz, Bleiglanz, Zinkblende u. s. w., begleitet von Kalkspath, Braunspath, Quarz u. s. w., zu Freiberg, Schneeberg, Johann-Georgenstadt, Przibram, Joachimsthal, Andreasberg, Kongsberg, Ungarn, Mexico.

6) **Weißgültigerz** (Silberfahlerz, $(Fe S, Zn S, Cu_2 S)_4$, $Sb S_3 + (Pb S, Ag S)_4$, $Sb S_3$) mit 18—31,8 Silber und 14,81—26 Kupfer. Zu Freiberg und Wolfach.

7) Polybasit (Schwarzgültigerz, Eugenglanz, $(Ag\ S,\ Cu_2\ S)_9$, $(Sb\ S_3,\ As\ S_3)$ mit 64—72 Silber und 10—3 Kupfer. Auf Gängen im krystallinischen Schiefergebirge, Uebergangsgebirge, Trachytgebirge mit Sprödglaserz, Rothgültigerz, Zinkblende u. a. in Begleitung von Quarz und Kalkspath zu Freiberg, Joachimsthal, Andreasberg und Ungarn.

§. 156.

Unter den uneigentlichen Silbererzen, welche außer einer geringen Quantität Silber noch andere Metalle in vorwiegender Menge enthalten, sind die geschwefelten Mineralien stets silberreicher, als die oxydirten. Zu diesen Erzen gehören silberhaltige Bleierze, besonders der Bleiglanz (Pb, Ag), S, dessen Silbergehalt zwischen 0,01 und 0,03 Proc. schwankt, zuweilen 0,5, nur selten 1 Proc. erreicht; silberhaltige Kupfererze: Fahlerze (vergl. Seite 80) mit Spuren bis 31 Proc. Silber, außerdem Kupferglanz, Kupferkies, Buntkupfererz und Bournonit. Von den übrigen silberhaltigen Erzen seien angeführt die Zinkblende mit Spuren bis 0,88 Proc. Silber, Schwefel- und Magnetkies, gediegenes Arsenik, Mißpickel, Grauspießglanzerz, Speiskobalt, Antimonnickel, Kobaltglanz ꝛc. (Kerl.)

Bei der Aufbereitung der Silbererze muß, da dieselben in der Regel mit silberhaltigen Kupfererzen und Bleierzen zusammen vorkommen, auf scharfe und sorgfältige Trennung der verschiedenen Erzarten Bedacht genommen werden. Kommen die Kupfer- und die Silbererze, oder die Blei- und die Silbererze gemeinschaftlich und zwar so fein eingesprengt vor, daß eine mechanische Trennung nicht ausführbar ist, so muß auch der Schmelzproceß der Art des Vorkommens der Erze gemäß gewählt werden. Die Vorbereitungsarbeiten bei den Silbererzen sind gänzlich von dem Verfahren abhängig, welches bei der Verarbeitung gewählt wird, so daß etwas Allgemeines darüber nicht gesagt werden kann.

§. 157.

Gewinnung des Silbers.

Die hauptsächlichsten metallurgischen Operationen, welche bis jetzt zur Gewinnung des Silbers aus seinen Erzen angewendet worden sind, lassen sich auf folgende Methoden zurückführen:

I. Abtheil. Silbergewinnung auf nassem Wege:

1) mittelst Quecksilber,
   α) Europäische } Amalgamation,
   β) Amerikanische }

2) mittelst Auflösung und Fällung:
   α) Augustin's Methode,
   β) Ziervogel's Methode,
   γ) sonstige Methoden.

II. Abtheil. Gewinnung des Silbers auf trocknem Wege:
   1) Gewinnung von silberhaltigem Blei;
   2) Abscheidung des Silbers aus silberhaltigem Blei;
      α) Abtreiben auf dem Treibherde,
      β) Concentriren des Silbers im Werkblei (Pattinsoniren),
      γ) Entsilberung des Werkbleis durch Zink,
      δ) Feinmachen des Blicksilbers.

§. 158.

Silbergewinnung auf nassem Wege.

(Europäische Amalgamation.)

Der Erfolg der Amalgamation zur Gewinnung des Silbers aus seinen Erzen hängt davon ab, daß

1) das Silber möglichst vollkommen in Chlorsilber umgewandelt,
2) das entstandene Chlorsilber vollständig wieder zersetzt,
3) das aus dem reducirten Chlorsilber ausgeschiedene Silber von dem Quecksilber vollständig aufgenommen werde.

Es giebt im Wesentlichen zwei Methoden das Chlorsilber zu bilden, den trocknen und den nassen Weg. Bei der europäischen Amalgamation wird allgemein der trockene Weg (Rösten der Silbererze mit Kochsalz) angewendet. Das Amalgamationsverfahren wurde gegen das Jahr 1785 von v. Born in Ungarn eingeführt. Gellert und v. Charpentier errichteten gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts das Amalgamirwerk auf der Halsbrücke bei Freiberg. Die in Freiberg üblichen Operationen sind folgende:

1) Handscheidung, Gattiren und Beschicken der Erze,
2) Rösten der Beschickung,
3) Sieben und Mahlen des Röstmehles,
4) Anquicken oder Amalgamiren,
5) Auspressen des Amalgams,
6) Destillation des Amalgams.

Handscheidung, Gattiren und Beschicken der Erze. Am besten geeignet zur Amalgamation sind diejenigen Erze, deren Silbergehalt im Centner durchschnittlich $7^1/_2$, höchstens 8 Loth Silber enthält. Bei einem größeren Silbergehalte bleiben zu reiche Rückstände, bei einem geringeren

Gehalte dagegen lohnt das ausgebrachte Silber die Gewinnungskosten nicht. Neuerdings verarbeitet man jedoch in Folge der verbesserten Methode verschiedenhaltige Erze von 3—12 Loth im Centner für sich. Die Bestandtheile der Erze sind die Sulfurete von Silber, Antimon, Arsenik, Kupfer, Eisen, Blei, Zink und erdige und quarzige Bestandtheile (kohlensaurer Kalk, Schwerspath, Quarz u. s. w.). Damit die Amalgamirerze die zum Freimachen von Chlor aus dem Kochsalze erforderliche Schwefelmenge besitzen, setzt man gewöhnlich noch (silberhaltigen) Schwefelkies hinzu, dessen Menge in der Beschickung 28,5 Proc. beträgt und nicht über 34—35 Proc. betragen darf. Das gepochte Erz wird mit Kochsalz, bei armen Beschickungen mit 10 Proc., bei reichen mit 13—14 Proc. gemischt, das Gemisch durch eine Siebmaschine gesiebt und hierauf in konische Haufen (Röstposten) von $4^1/_2$ Ctr. abgetheilt.

§. 159.

Rösten der Beschickung. Die zum Rösten angewendeten Oefen sind Flammenöfen, die sich unter den Schichtsälen, in denen die Beschickung hergestellt wird, befinden. Sie bestehen aus dem Feuerherd mit Rost und Aschenfall, der Herdsohle, worauf die Beschickung geröstet wird, den Verdichtungskammern (Richtkammern), in welchen sich die gasförmigen Röstproducte zum Theil verdichten, und endlich dem Schornstein, durch welchen die Dämpfe entweichen. Vom Gewölbe des Röstofens aus steigt ein Canal in den Schichtsaal, durch welchen die Beschickung auf die Herdsohle des Ofens gelangt. Hier wird die Beschickung unter fortwährendem Wenden erst getrocknet und durch das Feuer verstärkt. Sobald das Erz sich entzündet, schwächt man das Feuer, da der verbrennende Schwefel eine hinlängliche Temperatur liefert. Während dieser Periode, welche etwa zwei Stunden währt, muß das Erz beständig umgerührt werden, damit keine Klumpen sich bilden. In dieser Periode, das Abschwefeln genannt, wirkt der Sauerstoff der Luft ein und es bilden sich unter Entwicklung von schwefliger Säure (arseniger Säure, Antimonoxyd ꝛc.), basische und neutrale schwefelsaure Salze, theils freie Metalloxyde. Man kann annehmen, daß in dieser Periode das Schwefelsilber zum Theil in schwefelsaures Silberoxyd ($AgS + 4O = AgO, SO_3$) übergegangen ist, zum Theil aber auch in Gestalt von metallischem Silber in der Masse sich befindet. Nachdem der Geruch nach schwefliger Säure verschwunden und die Temperatur bis zum Dunkelrothglühen gesunken ist, beginnt die Periode des Gutröstens. Man verstärkt das Feuer auf's Neue und rührt das Erz wiederholt um; es entwickeln sich graugrüne, nach Chlor riechende Dämpfe. Gewöhnlich sind sechs Stunden zur Röstung

eines Röstpostens ausreichend. Während dieser Periode wird alles Silber in Chlorsilber (Ag Cl) übergeführt, dies kann geschehen entweder dadurch, daß das schwefelsaure Silberoxyd sich mit dampfförmigem Kochsalz umsetzt ($AgO, SO_3 + Na\,Cl = NaO, SO_3 + Ag\,Cl$), oder das reguliniſch vorhandene Silber mit dem durch die Einwirkung von Kochsalz auf schwefelsaures Eisenoxyd frei gewordenen Chlorgas zusammentritt ($6\,Na\,Cl + 2\,Fe_2\,O_3, 3\,SO_3 = 6\,NaO, SO_3 + 2\,Fe_2\,O_3 + 6\,Cl$). Indem gasförmiges Chlornatrium und Chlorgas die Masse durchdringen, verwandelt das Chlornatrium das Chlor und wol auch die durch die Feuchtigkeit der eingeströmten Luft gebildete Chlorwasserstoffsäure die vorhandenen schwefelsauren und reinen Metalloxyde, sowie die unzersetzt gebliebenen Schwefelmetalle in Chloride, die wie Chlorschwefel, Arsen- und Antimonchlorid sich verflüchtigen, wie Chlorsilber, Chlorkupfer, Chlorblei, Chloreisen rc. mit schwefelsaurem Natron gemengt zurückbleiben.

Das abgeröstete Erz wird noch glühend aus dem Ofen und in einen eisernen Kasten gezogen, in welchem es nach einem gepflasterten Platze gefahren wird, damit es erkalte. Die Verdichtungskammern werden alle fünf Monate gereinigt; der darin befindliche Flugstaub, im Centner 4—6 Loth Silber enthaltend, kommt wieder zur Beschickung. In dem Amalgamirgebäude sind 14 Röstofen vorhanden, von denen jeder wöchentlich im Durchschnitt 100 Ctr. röstet.

§. 160.

Sieben und Mahlen des Röstmehles. Selbst bei dem sorgfältigsten Rösten ist es nicht zu umgehen, daß einzelne Erzklumpen sich bilden, welche nicht oder unvollständig geröstet sind und deshalb abgesondert und von Neuem geröstet werden müssen. Zu diesem Zwecke wird das geröstete und erkaltete Erz auf ziemlich weite Siebe gestürzt; die zurückbleibenden Klumpen werden zerschlagen, mit 2 Proc. Kochsalz gemengt und geröstet. Das durch die Durchwürfe gegangene Erz kommt nun auf die Siebmaschinen, große Holzkästen, in welchen zwei Siebe aus Eisendraht in entgegengesetzter Richtung sich bewegen. Jedes Sieb hat zwei Abtheilungen von verschiedener Feine. Das Erz wird so in feines, mittelfeines und grobes geschieden. 100 Ctr. geröstetes Erz geben, nachdem es durch den Durchwurf gegangen, etwa 2 Ctr. grobes Erz, welches mit Kochsalz versetzt eben so wie die erwähnten Erzklumpen geröstet wird, 9—10 Ctr. mittelfeines und 87—88 Ctr. feines Erz (Siebfeines). Das siebfeine Erz wird auf den Erzmühlen, welche ganz die Einrichtung der Getreidemühlen haben, gemahlen. Sie sind, eben so wie letztere, mit einem Mehlbeutel versehen, durch welchen nur der

feine Erzstaub hindurchfällt. Der Mehlbeutel wird auf dieselbe Art wie bei den Getreidemühlen in eine erschütternde Bewegung versetzt. Die Mühlsteine sind aus Granit. Das gemahlene Mehl ist so weit vorbereitet, daß es in die Amalgamirfässer gebracht werden kann.

§. 161.

Das Anquicken oder Amalgamiren geschieht in dem Amalgamirsaal, wo zwanzig, mit eisernen Reifen versehene Tonnen aus Tannenholz horizontal um ihre Axe gedreht werden können. Ein jedes Faß hat ein Spundloch, durch welches die Füllung eingetragen wird. Ueber jeder Tonne befindet sich über dem Amalgamirsaal auf dem Boden ein besonderer Kasten, aus welchem das Erz durch einen Lederschlauch oder Zwillichsack in die Tonne gelangt.

Das Anquicken zerfällt in drei besondere Phasen,

1) in die Quickbreibildung,
2) in die eigentliche Verquickung,
3) in die Absonderung des Amalgams von den Rückständen.

Behufs der Quickbreibildung kommen in jede Tonne 10 Ctr. Erzmehl, 3 Ctr. Wasser und 60 — 70 Pfd. kleine Platten aus Schmiedeeisen (Karsten), gegenwärtig 100 – 110 Pfd. Stabeisen in einzölligen Würfeln (Kerl). Der Spund wird geschlossen und die Tonne zwei Stunden lang langsam um ihre Axe bewegt. Die gerösteten Erze, wenn sie in die Fässer kommen, enthalten hauptsächlich Eisenoxyd und andere Oxyde, und 12—15 Proc. an Verbindungen, welche sich in dem zugesetzten Wasser auflösen: schwefelsaures Natron, Chlornatrium, Manganchlorür, Eisenchlorid, Eisenchlorür, Kupferchlorid, Chlorblei und andere Chlorverbindungen, und das Silber als Chlorsilber, welches sich zum Theil in der Kochsalzlösung auflöst. Das Eisen reducirt während dieser Phase das Eisenchlorid und Kupferchlorid zu Chlorüren. Gleichzeitig wird durch das Eisen aus dem in der Chlornatriumlösung gelösten Chlorsilber und Kupferchlorür Silber und Kupfer metallisch ausgeschieden.

Hat der Quickbrei die gehörige Consistenz erlangt, so giebt man das Quecksilber hinzu und es beginnt die eigentliche Verquickung. Jede Tonne erhält 5 Ctr. Quecksilber. Man läßt die Amalgamirfässer, nachdem sie den Quecksilberzusatz erhalten haben, 16 — 20 Stunden lang 18 — 22 Mal in der Minute umgehen. Nach einigen Stunden erhöht sich die Temperatur in den Fässern auf 36—38°. Hierbei findet die weitere Zersetzung des Chlorsilbers durch Elektrolyse statt, veranlaßt durch die beiden Metalle Eisen und Quecksilber. Das Chlor verbindet sich mit dem Eisen,

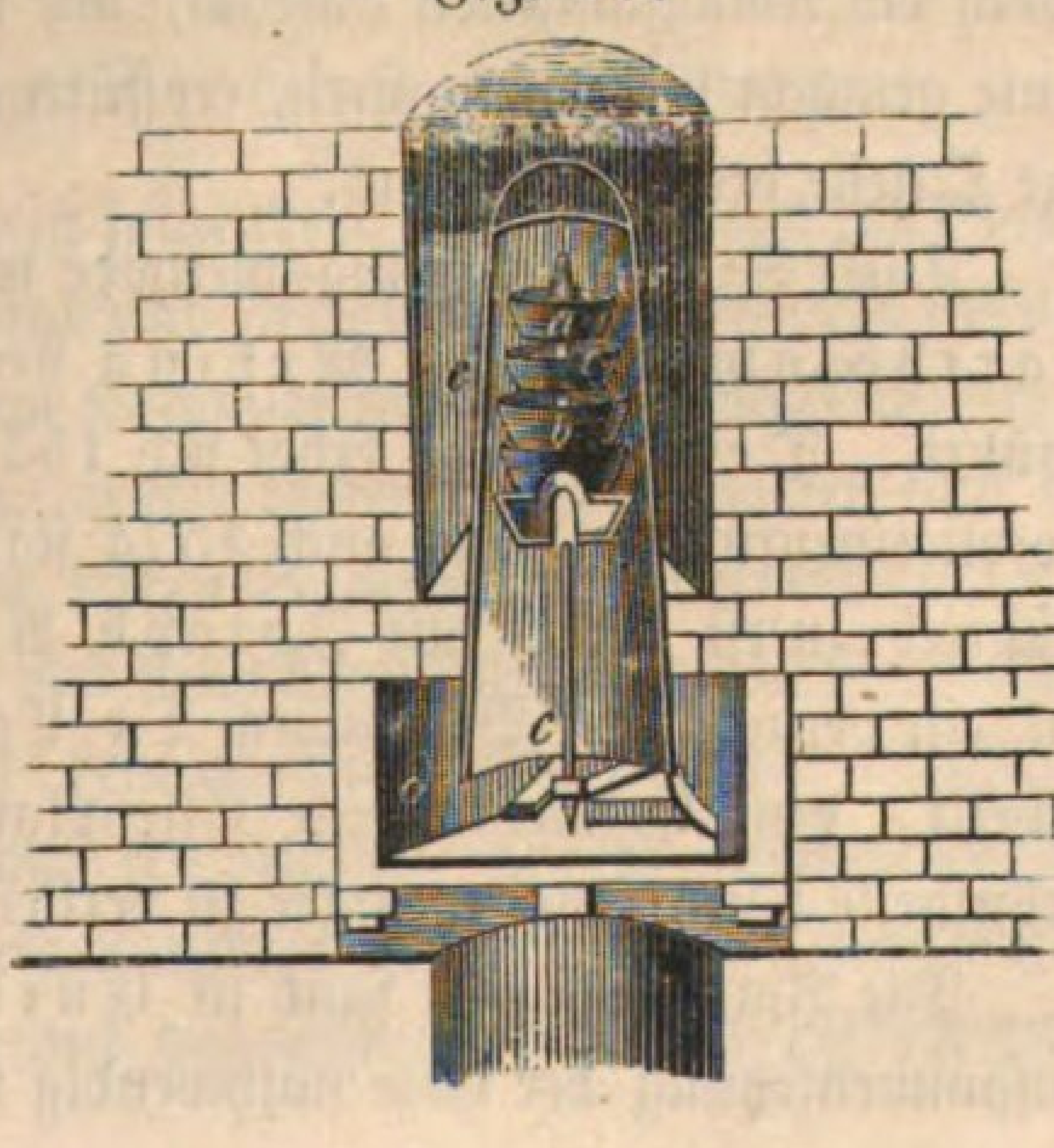
das Silber geht zum Quecksilber. Außer dem Chlorsilber werden aber auch die übrigen vorhandenen Chlormetalle, Kupferchlorür, Chlorantimon, Chlorblei, Chlorgold reducirt, so daß das sich bildende Amalgam aus Silber, Kupfer, Antimon, Blei, Gold und Quecksilber besteht. Nach Beendigung des Anquickens werden die Fässer mit Wasser angefüllt und dann noch 1$^1/_2$—2 Stunden lang, zuerst mit gewöhnlicher, zuletzt aber mit verminderter Geschwindigkeit umgedreht, wodurch das Amalgam vollständig am Boden der Fässer sich vereinigt, und durch die Verdünnung mit Wasser der durch das Chlornatrium in Lösung erhaltene Antheil Chlorsilber gefällt und zersetzt wird. Beim Ausleeren werden die Fässer so gedreht, daß die Spundöffnung sich unten befindet, Durch den kleinen Spund, welcher sich in der Mitte des großen befindet, läßt man das Amalgam durch Röhren in Steintröge abfließen. So wie kein Quecksilber mehr abläuft, wird der große Spund geöffnet und der ganze Inhalt der Fässer in große Bottiche gebracht, in welchen die Rückstände gewaschen werden, um das darin noch mechanisch zertheilte Amalgam zu gewinnen.

Auspressen des Amalgams. Das aus dem kleinen Spunde ausfließende Amalgam wird in Zwillichbeutel geleitet, welche das Ende der Röhrenleitung bilden, durch welche das Amalgam aus den Fässern nach den Trögen geführt wird. Durch sein eigenes Gewicht läuft anfänglich das Quecksilber durch die Poren des Zwillichs; später muß der Beutel stark zusammengepreßt werden, um das überschüssige Quecksilber vollständig zu entfernen. Das in den Beuteln zurückbleibende trockene Amalgam besteht aus 82 83 Quecksilber, 10—12 Silber und 5—8 Proc. Kupfer und anderen Metallen.

§. 162.

Die Destillation des Amalgams geschieht in einem Glockenofen (vergl. §. 149) unter gußeisernen Glocken e (Fig. 49), welche auf einen Dreifuß gestellt werden, von dessen Mitte aus ein eiserner Dorn in die Glocke hinaufragt, auf welchem Teller übereinander gesetzt werden, der unterste Teller b ist an dem Dorn c befestigt. Der Dreifuß wird in ein eisernes Gefäß gestellt, welches auf einem starken hölzer-

Fig. 49.



nen, mit Wasser angefüllten Kasten ruht. Durch ein die Glocke umgebendes Kohlenfeuer wird das Quecksilber aus dem Amalgam dampfförmig ausgetrieben, welches in dem Wasser des Kastens d sich verdichtet. Das auf den Tellern zurückbleibende Ausglühmetall ist mit anderen Metallen, besonders mit Kupfer, Antimon und Blei verunreinigt; es wird eingeschmolzen und gereinigt.

Gegenwärtig zieht man vor, das Amalgam aus gußeisernen Retorten zu destilliren, indem dabei bei geringerem Brennmaterialverbrauche weniger Quecksilber verloren geht. Es werden vier gußeiserne Pfannen mit je 1 Ctr. Amalgam in eine elliptische Retorte geschoben und diese an der Vorderseite verschlossen; es wird anfangs mit Torf, dann mit Steinkohlen gefeuert. Die Quecksilberdämpfe gelangen durch den Retortenhals in einen Verdichtungsraum (Kerl).

Aehnliche Manipulationen wie bei dem Verarbeiten der Erze kommen bei der Amalgamation von Kupferstein (jetzt meist durch das Silbergewinnungsverfahren von Ziervogel ersetzt), Kobaltspeise und Schwarzkupfer vor.

§. 163.

Amerikanische Amalgamation.

Es ist uns unbekannt, auf welche Weise die Azteken vor der Eroberung von Mexico die edlen Metalle gewonnen haben, wir wissen nur aus den Briefen von Cortez, daß die Unterworfenen reiche Schätze an Gold und Silber besaßen. Wahrscheinlich begnügten sich diese Völker wie im Alterthum, den Gold und Silber führenden Sand zu waschen und die Erze zu schmelzen, welche größere Mengen von Gold und Silber enthielten. Als jedoch die Amalgamation aufkam, mit deren Hülfe die ärmsten Silbererze zu Gute gemacht werden konnten, eröffnete sich für Spanien eine neue und mächtige Quelle des Reichthums.

Diese Silbergewinnungsmethode wurde zuerst 1557 von einem gewissen Bartholomäus von Medina versucht und seit 1566 im Großen ausgeführt. De Velasco erbot sich 1571, das neue Verfahren in Peru, zu Potosi einzuführen, was auch 1574 stattfand. Die dabei befolgte Methode beschrieb zuerst der Jesuit Joseph Acosta. Nach A. v. Humboldt hat ein peruanischer Bergmann De Leca schon im Jahre 1586 den Rath ertheilt, dem Erzmehl kleine Eisenplatten beizumengen und dadurch neun Zehntheile Quecksilber weniger zu verlieren.

Die Amalgamation fand in Europa mit Modificationen, welche die Zusammensetzung der Erze nothwendig machte, erst nach zwei Jahrhunderten

allgemeine Anwendung, denn da es bei dem Ueberfluß an Brennmaterial nicht nöthig war, zum Quecksilber seine Zuflucht zu nehmen, erschien der Schmelzproceß der kürzeste Weg; auf der Hochebene von Mexico dagegen, wo Brennmaterial nur spärlich sich findet, war die Schmelzung nur ausnahmsweise zulässig und die Amalgamation ward fast allgemein üblich.

Die zur Amalgamation bestimmten Silbererze, hauptsächlich Rothgültigerz, Fahlerz, seltener Chlorsilber und gediegen Silber, werden trocken gepocht, ohne vorher gewaschen zu werden, und nachher mit Wasser gemahlen, bis sie einen hohen Grad von Feinheit erlangt haben, was zum Gelingen der Operation unerläßlich ist. Das gepochte Erz wird in die Erzmühlen gebracht, unter deren Steinen aus Porphyr oder Basalt, Arraster genannt, das Mahlen vor sich geht. 6—8 Ctr. Erz brauchen dazu 24 Stunden; die Arbeiter befeuchten das Erz von Zeit zu Zeit, damit es die Consistenz eines dünnflüssigen Schlammes habe. Der Brei gelangt nun auf einen mit Steinplatten ausgelegten Hofraum (*Patio*), der etwas abschüssig ist, damit das Regenwasser abfließen kann. Man bildet Haufen von 15—20 Ctr. (***Montones***), wenn der Erzschlamm durch Menschen getreten werden soll, dagegen von 800—1200 Ctr. (***Tortas***), wenn Pferde oder Maulthiere diese Arbeit verrichten sollen, und setzt nach Beschaffenheit der Erze 2—5 Proc. Kochsalz hinzu. Nach einigen Tagen setzt man Magistral, d. i. gerösteten und feingeriebenen Kupferkies (Fe_2S_3, Cu_2S) hinzu in der Menge von $^1/_2$—3 Proc., läßt auch dieses durch Treten einkneten und setzt sodann nach und nach Quecksilber hinzu, ungefähr das Sechsfache von dem in dem Erz befindlichen Silber (die Incorporation). Das Durchtreten wird einen Tag um den anderen 2—5 Monate lang wiederholt, bis die Entsilberung beendigt zu sein scheint, darauf wird der Quickbrei in ausgemauerten Cisternen verwaschen, um das Amalgam zu scheiden, welches durch Pressen in Zwillichsäcken vom überschüssigen Quecksilber befreit und destillirt wird.

Die Theorie der Amalgamation ist folgende: Der Kupferkies wird durch das Rösten in schwefelsaures Kupferoxyd und schwefelsaures Eisenoxyd übergeführt, welche beiden Salze sich mit dem Kochsalze zu Kupfer- und Eisenchlorid und schwefelsaurem Natron umsetzen. Diese beiden Chloride wirken nun auf das vorhandene metallische Silber und bilden Chlorsilber, während sie selbst zu Chlorüren reducirt werden, während das beim Verwitterungsprocesse gebildete schwefelsaure Silberoxyd direct mit dem Kochsalz sich umsetzt. Zugleich findet auch eine chlorende Einwirkung des Kupfer- und Eisenchlorides auf das Schwefelsilber, sowie auf die übrigen Schwefelmetalle statt. Das Chlorsilber wird vom Kochsalze aufgelöst und das Silber aus dieser Lösung durch

das Quecksilber ausgeschieden, welches letztere in Quecksilberchlorür übergeht. Das reducirte Silber wird von nicht verändertem Quecksilber aufgenommen.

Die amerikanische Amalgamation ist mit großem Zeitaufwande und enormem Quecksilberverluste (da für jedes Aequivalent Silber, welches aus dem Chlorsilber reducirt wird, ein Aequiv. Quecksilberchlorür $Hg_2 Cl$ sich bildet) verbunden, dagegen kann man nach dieser Methode ohne Brennmaterial und mit geringer Arbeit Erze behandeln, welche so arm sind, daß die meisten anderen Methoden nicht anwendbar sein würden.

Zu Poullaouen amalgamirt man die Silbererze nach einem Verfahren, welches eine Combination ist der europäischen mit der amerikanischen Methode, welche von letzterer die Haufen, von ersterer die Fässeranquickung entlehnt hat. Als Magistral wird ein Gemenge von Kochsalz, Eisenvitriol, wenig Kupfervitriol und Alaun angewendet.

§. 164.

Augustin's Methode der Silbergewinnung.

Die Methode der Silbergewinnung von Augustin gründet sich auf die Bildung eines leicht löslichen Doppelchlorürs von der Zusammensetzung $Ag Cl, Na Cl$, wenn Chlorsilber mit einer heißen concentrirten Lösung von Kochsalz zusammengebracht wird, und auf die Fähigkeit des Kupfers, aus der concentrirten Lösung dieser Verbindung das Silber vollständig abzuscheiden. Sie wurde von Augustin im Jahre 1845 erfunden und zuerst in Hettstädt für die silberhaltigen Mansfelder Kupfersteine in Anwendung gebracht.

Die durch Pochen und Mahlen in ein Mehlpulver verwandelten, wesentlich aus Schwefelkupfer, Schwefelsilber und Schwefeleisen bestehenden Kupfersteine werden zuerst ohne Kochsalz geröstet, dadurch bildet sich zuerst Eisenvitriol, dann Kupfervitriol und zuletzt bei höherer Temperatur Silbervitriol, wobei schon aller Eisenvitriol und ein großer Theil des Kupfervitriols bereits zersetzt ist, so daß das Röstgut nach Beendigung des Vorröstens aus Eisenoxyd, Kupferoxyd, kleinen Mengen von Kupfervitriol und viel Silbervitriol besteht. Darauf wird durch fortgesetztes Rösten mit Kochsalz der Silbervitriol in Chlorsilber übergeführt. Das Röstgut wird mit heißer concentrirter Kochsalzlösung ausgezogen, wobei das Silber in Gestalt der oben erwähnten Verbindung $Ag Cl, Na Cl$ aufgelöst ist. Aus der Flüssigkeit scheidet man durch metallisches Kupfer das Silber und aus der sich bildenden kupferchlorürhaltigen Lauge das Kupfer durch Eisen ab.

Das so vortheilhaft scheinende Entsilberungsverfahren Augustin's hat nicht so allgemeine Anwendung gefunden, als man erwartet hatte. Der

Grund davon liegt in dem bedeutenden Silberverluste, wenn nicht Erze von genau bestimmter Beschaffenheit angewendet werden.

§. 165.

Ziervogel's Methode der Silbergewinnung.

Die Ziervogel'sche Silbergewinnungsmethode geht anfangs denselben Weg wie die Methode Augustin's, trennt sich von derselben aber insofern, als beim Rösten kein Kochsalz zugegeben wird. Das Röstgut, wesentlich aus Silbervitriol, wenig Kupfervitriol, viel Kupferoxyd und Eisenoxyd bestehend, wird mit heißem Wasser ausgezogen, welches den Silber- und den Kupfervitriol auflöst. Aus dieser Lösung wird das Silber durch metallisches Kupfer niedergeschlagen und als Nebenproduct Kupfervitriol erhalten. Im Mansfeld'schen wendet man die Methode Ziervogels schon seit mehreren Jahren zur Entsilberung der Kupfersteine an; sie ist weniger complicirt und erfordert, weil das Auslaugen schneller von statten geht, weniger Röstkosten und Arbeitslohn, als das Verfahren von Augustin, dagegen ist die Röstoperation schwieriger auszuführen, es werden reichere Steine erfordert und in der Regel bleiben reichere Rückstände.

§. 166.

Andere Methoden der Silbergewinnung auf nassem Wege.

Silbergewinnung mittelst unterschwefligsauren Natrons (hyposulfite ou dithionite de soude).

Nach Hauch röstet man die Erze und Steine wie nach der europäischen Amalgamation mit Kochsalz, um das Silber in Chlorsilber zu verwandeln, und löst letzteres in unterschwefligsaurem Natron auf. Aus der Lösung wird das Silber durch Kupfer oder Zink niedergeschlagen. Auch Patera schlägt, veranlaßt durch die Unbequemlichkeit, mit welcher die Anwendung einer heißen concentrirten Kochsalzlösung zur Silberextraction nach Augustin's Verfahren verknüpft ist, ebenfalls unterschwefligsaures Natron vor. Die Möglichkeit, dieses Salz billig im Großen darzustellen, sowie die etwa 30 Mal größere Lösungsfähigkeit für Chlorsilber, lassen ihm kaum Zweifel an der Einführbarkeit dieses Mittels in die praktische Metallurgie. Er schlägt zu diesem Zwecke die Extraction der vorbereiteten Erze in der Real'schen Presse, unter hohem Drucke vor und wendet zum Ausfällen des Silbers aus der Lösung nicht metallisches Kupfer, sondern Schwefelnatrium an und reducirt das Schwefelsilber durch Schmelzen mit Eisengranalien. Aehnliche Vorschläge sind auch von Percy gemacht worden, welcher außerdem auf die

Anwendbarkeit des Chlorkalkes und Chlors zur Umwandlung des Silbers in Chlorsilber aufmerksam macht.

Silbergewinnung mittelst Kochsalz und Ammoniak. Schon von Rivero und Gmelin wurde vorgeschlagen, die Silbererze nach dem Rösten mit Kochsalz mit Ammoniakflüssigkeit zu digeriren, aus der ammoniakalischen Flüssigkeit das Chlorsilber durch Schwefelsäure zu fällen und durch Schmelzen mit einem Flußmittel zu reduciren. Etwas modificirt ist dieses Verfahren für silberhaltige Fahlerze zu La Motte bei Chambery in Savoyen eingeführt.

Becquerel empfiehlt den elektrischen Strom, um aus der Lösung des Chlorsilbers in Kochsalz das Silber abzuscheiden.

§. 167.

Silbergewinnung auf trocknem Wege.

Extraction mittelst Blei.

Die Extraction des Silbers aus seinen Erzen mittelst Blei beruht[1]):

1) auf der Eigenschaft des Bleies, Schwefelsilber unter Bildung von Schwefelblei und Abscheidung von metallischem Silber zu zersetzen:

$$\left.\begin{matrix} Ag\,S \\ n\,Pb \end{matrix}\right\} \text{ geben } \left\{\begin{matrix} Ag\,n\,Pb \\ Pb\,S. \end{matrix}\right.$$

Andere, dem Silber beigemengte Schwefelmetalle, besonders Schwefelkupfer und Schwefeleisen, werden vom Blei weniger zersetzt. Die Producte der Schmelzung sind silberhaltiges Blei und silberfreier Stein, aus Schwefelblei, Schwefelkupfer und Schwefeleisen bestehend. Die Ausziehung des Silbers durch Blei erfolgt um so vollständiger, je kupferärmer die Erze sind.

2) auf der zersetzenden Einwirkung von Bleioxyd und schwefelsaurem Bleioxyd auf Schwefelsilber, in deren Folge silberhaltiges Blei und schweflige Säure sich bilden:

$$\left.\begin{matrix} Ag\,S \\ 2\,Pb\,O \end{matrix}\right\} \text{ geben } \left\{\begin{matrix} Pb_2\,Ag \\ SO_2 \end{matrix}\right. \quad \text{und} \quad \left.\begin{matrix} Ag\,S \\ PbO,\,SO_3 \end{matrix}\right\} \text{ geben } \left\{\begin{matrix} Pb\,Ag \\ 2\,SO_2. \end{matrix}\right.$$

3) Auf der reducirenden Einwirkung von Blei auf Silberoxyd oder auf schwefelsaures Silberoxyd:

$$\left.\begin{matrix} 2\,Pb \\ Ag\,O \end{matrix}\right\} \text{ geben } \left\{\begin{matrix} Pb\,O \\ Ag\,Pb \end{matrix}\right. \quad \text{und} \quad \left.\begin{matrix} 3\,Pb \\ Ag\,O,\,SO_3 \end{matrix}\right\} \text{ geben } \left\{\begin{matrix} Pb\,Ag \\ 2\,Pb\,O \\ SO_2. \end{matrix}\right.$$

4) auf der größeren Verwandtschaft des Silbers zum Blei als zum Kupfer. Wird silberhaltiges Kupfer mit Blei zusammengeschmolzen, so ent-

---

[1]) Kerl, Handbuch der metallurg. Hüttenkunde, 1855, Bd. 3. 1. Pag. 71.

steht ein Gemenge von leichtflüssigem silberhaltigem Blei und einer schwer schmelzbaren Legirung von Kupfer mit Blei. Ersteres kann von letzterem durch Aussaigerung getrennt werden.

§. 168.

Gewinnung von silberhaltigem Blei (Werkblei).

Bleiarbeit mit silberhaltigen Erzen und Steinen.

Der Bleiarbeit werden eigentliche Silbererze, reiche geröstete kiesige Erze, silberhaltige Kupfer- und Bleierze in geröstetem oder ungeröstetem Zustande, gerösteter silberhaltiger Scherbenkobalt u. s. w. unterworfen. Als bleihaltige Substanzen benutzt man metallisches Blei, geröstete oder ungeröstete Bleierze und Bleiglätte (Bleioxyd). Geringhaltige Silbererze eignen sich nicht für die unmittelbare Bleiarbeit, indem sie das Schmelzgut strengflüssig machen und die Verschlackung des Bleies befördern. Mit solchen Erzen nimmt man zuvor die Roharbeit vor, indem man sie mit Schwefelkies und passenden Schlacken zusammenschmilzt, wobei die unbrauchbaren Metalloxyde und Erden sich verschlacken, während sich das Silber im Schwefelkies (Rohstein) concentrirt. Die Entsilberung des Rohsteines geschieht entweder in ungeröstetem Zustande mit metallischem Blei (Einträukarbeit), oder mit bleioxydhaltigen Körpern, mit Bleiglanz und Eisen, durch Verschmelzen gerösteter Steine mit gerösteten oder ungerösteten Bleierzen oder mit Producten des Treibherdes, oder endlich durch Verschmelzen gerösteter bleihaltiger Steine für sich oder mit Zuschlag von Eisen. Die Bleiarbeit mit silberhaltigem Kupfer (die Saigerung) ist schon §. 76 beschrieben worden.

Das Wesentliche der Bleiarbeit besteht darin, daß man die zu entsilbernden Substanzen mit geschmolzenem Blei behandelt. Es resultirt eben so wie beim Zugutemachen von silberhaltigem Bleiglanz (§. 105) silberhaltiges Werkblei.

Die Entsilberung des Werkbleies kann geschehen

1) auf dem Treibherde,
2) durch das Pattinsoniren,
3) vermittelst Zink.

§. 169.

Abscheidung des Silbers aus silberhaltigem Werkblei.

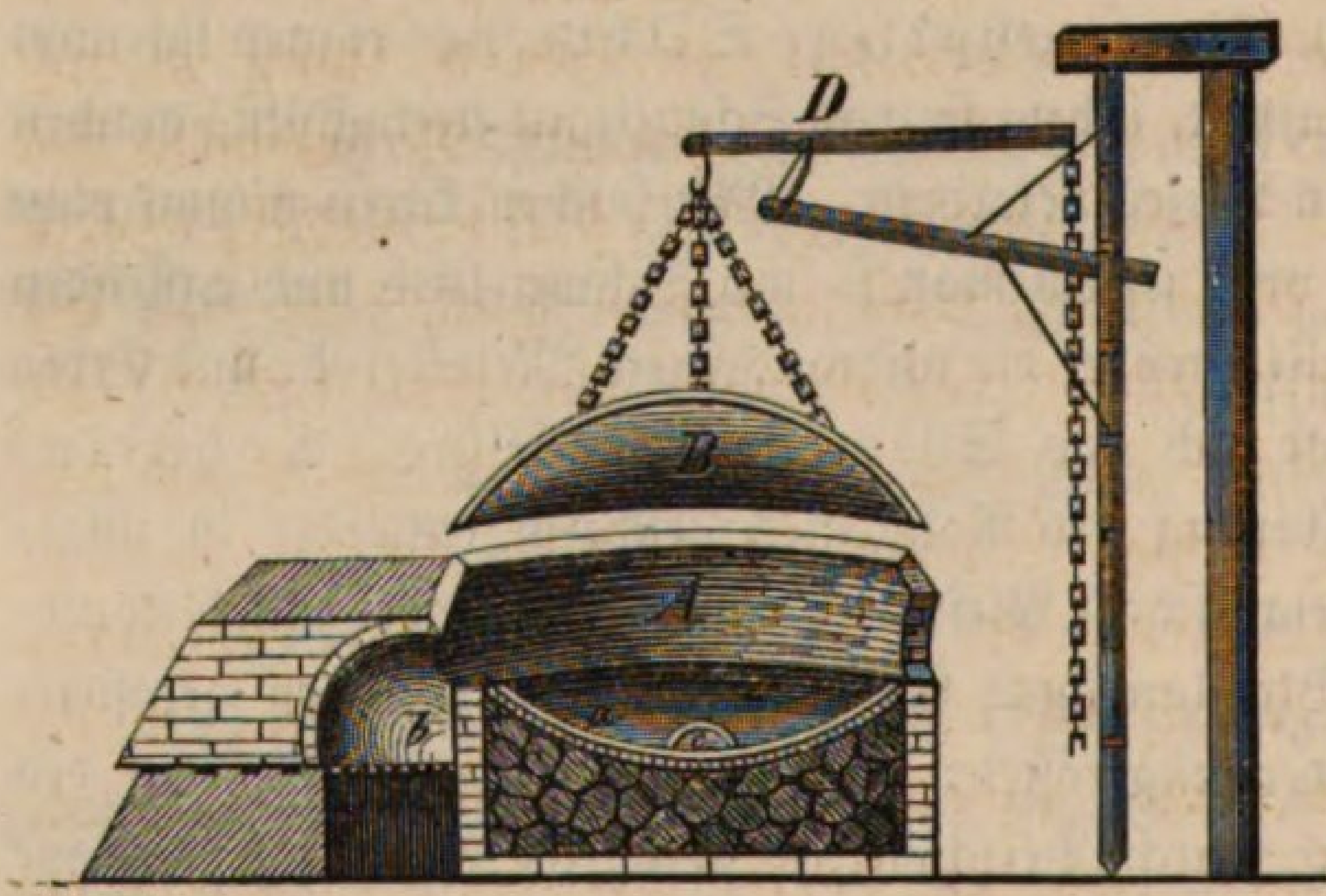
Der Treibproceß.

Das Treiben (coupellation, *refining*) auf Treibherden wird mit jedem silberhaltigen Blei sowol auf den Silberhüttenwerken, als auf den Bleihüttenwerken vorgenommen. Es beruht darauf, daß das oxydirbare

Blei von den nicht oder nur schwer oxydirbaren Metallen, mit denen es gemischt ist, durch einfache oxydirende Schmelzung abgeschieden wird, indem man dafür sorgt, daß das entstehende Bleioxyd theils abgezogen wird, theils in die Poren des Treibherdes sich einzieht. Die dadurch sich stets erneuernde Oberfläche des Metallbades wird so lange oxydirt, als die Metalllegirung noch Blei enthält, bis zuletzt das Silber im reinen Zustande zurückbleibt.

Der Treibherd ist ein runder Flammenofen mit einer angebauten Feuerung; der Herd a (Fig. 50) ist mit einer aus Blech gefertigten und inwendig mit feuerfestem Thone ausgeschlagenen Haube B bedeckt, welche durch die Vorrichtung D aufgehoben und auf den Herd niedergelassen werden kann. Der Herd selbst darf nur wenig porös sein, das Bleioxyd nur wenig einsaugen und von demselben nicht angegriffen werden; er wird aus ausgelaugter Asche geschlagen, in der Mitte befindet sich eine Vertiefung c zum Ansammeln des Silbers, b ist der Feuerraum. In dem aus Bruchsteinen bestehenden, den Herd einschließenden Raum, dem Ofenkranz, befinden sich 1) das Glättloch, welches mit Herdmasse während der Arbeit so weit geschlossen gehalten wird, daß sich dasselbe mit der oberen Fläche des im Treibofen eingeschmolzenen Werkbleies im Niveau befindet, so daß die über dem Metall sich bildende Glätte abfließen kann. Sobald die Menge des Werkbleies abnimmt, wird der Herdmasse im Glättloch durch Auskratzen derselben ein niedriges Niveau gegeben; diese rinnenförmige Vertiefung heißt die Glättgasse. 2) Das Blechloch (Schnürloch), in der Regel gegenüber der Feuerbrücke, dient zum Eintragen der Herdmasse und der Werke. 3) Die Formen.

Fig. 50.



§. 170.

Nach erfolgtem Einsetzen der Werke, und nachdem die Haube aufgesetzt und die Fugen verstrichen worden sind, schreitet man zum Einschmelzen der Werke (zu dem sogenannten Weichfeuern). Dieses Einschmelzen ist eine Art Saigerung, bei welcher das reine Werkblei ausschmilzt, während die

übrigen schwerer schmelzbaren Stoffe auf die Oberfläche des geschmolzenen Bleies sich begeben, und den Abstrich oder Abzug (crasse écume de plomb), theils aus dem Werkblei mechanisch beigemengten Stoffen, theils aus Arsenik, Antimon, Kupfer, Blei, Silber als Oxyde oder als Sulfurete, bestehend, bilden, welcher sorgfältig von der Oberfläche des geschmolzenen Werkbleies abgenommen werden muß, ehe die Treibarbeit ihren Anfang nimmt. Darauf wird das Gebläse in Thätigkeit gesetzt. Bei unreinem Werkblei wird die zuerst erfolgende unreine Glätte (schwarze Glätte) so lange noch als Abstrich angesehen, bis die Glätte mit ihrer eigenthümlichen Farbe zum Vorschein kommt. Die Treibarbeit wird bei gesteigerter Temperatur im Ofen so lange fortgesetzt, bis sich das auf dem Herde zurückgebliebene Silber nur noch mit einer dünnen Schicht von Bleiglätte überzieht, die eben so schnell zu verschwinden scheint, als sie entsteht. Das Entstehen und Verschwinden des Häutchens giebt sich durch ein Farbenspiel, das Blicken des Silbers zu erkennen. Sobald diese Erscheinung wahrgenommen wird, hört man mit dem Feuern auf, stellt die Thätigkeit des Gebläses ein, kühlt das Blicksilber (argent d'usine) durch Besprengen mit Wasser und hebt es aus dem Ofen. Das abfließende flüssige Bleioxyd erstarrt beim Erkalten zu einer blättrig krystallinischen Masse von gelber oder röthlich gelber Farbe (Glätte, Bleiglätte, Gold- oder Silberglätte, litharge, *litharge*), welche als Kaufglätte in den Handel gebracht wird. Die gelbe, in zusammenhängenden, geflossenen Stücken erhaltene Glätte eignet sich vorzugsweise zur Reduction, zum Frischen, und wird Frischglätte genannt.

Auf den Hütten in Freiberg erhält man von 100 Ctr. Werkblei mit 20 Loth Silber:

1) 62—63 Pfund Blicksilber mit 90 Proc. Silbergehalt und verunreinigt mit Kupfer, Blei und Wismuth,

2) 75 Ctr. Frischglätte,

3) 10 Ctr. Kaufglätte,

4) 12 Ctr. Vorschlagsglätte, welche wegen ihres etwas größeren Silbergehaltes als Vorschlag bei der Bleiarbeit angewendet wird,

5) 3—4 Ctr. Abstrich mit 73 Proc. Blei, wird wegen seines Gehaltes an Arsenik und Antimon auf Hartblei (vergl. S. 113) verfrischt,

6) 4—5 Ctr. Abzug mit 64 Proc. Blei, wird zur Bleiarbeit benutzt,

7) 16—18 Ctr. Herd mit 60 Proc. Blei, welches beim Erzschmelzen vorgeschlagen wird. Der Bleiverlust steigt bis 8 Proc., der Silberverlust bis 0,5—0,75 Proc.

§. 171.
Das Pattinsoniren.

Im Jahre 1833 wurde von Pattinson in Northumberland eine Methode erfunden, den Silbergehalt des Werkbleies bedeutend zu concentriren, mithin ein sehr silberreiches Werkblei zu erzielen, wodurch nicht nur die Kosten und der Zeitverlust des gewöhnlichen Treibprocesses bedeutend verringert werden, sondern auch wegen der schnellen Beendigung der Treibarbeit ein geringerer Verlust an Blei stattfindet. Die Methode von Pattinson (das Pattinsoniren, affinage par cristallisation) gründet sich darauf, daß wenn silberarmes Werkblei in einem geeigneten Gefäße geschmolzen und ihm unter fortwährendem Umrühren eine langsame Abkühlung gestattet wird, sich bei einer gewissen Temperatur, welche dem Schmelzpunkte des Bleies sehr nahe liegt, Bleikrystalle auf dessen Oberfläche bilden, sich zu Boden setzen und einen viel geringern Silbergehalt haben, als das angewendete Blei, während der Silbergehalt des im Gefäße zurückgebliebenen flüssigen Bleies verhältnißmäßig gestiegen ist.

§. 172.
Entsilberung des Werkbleies mittelst Zink.

Parkes erhielt im Jahre 1850 ein Patent in England auf das Ausbringen des Silbers aus silberhaltigem Werkblei mittelst Zink. Diese Methode gründet sich darauf, daß

1) Blei und Zink mit einander keine Legirung bilden,

2) die Verwandtschaft des Silbers zum Zink größer ist, als die zum Blei.

Gurlt beschreibt einen gelungenen Versuch mit diesem Verfahren in den *Llanelly lead Works*, Süd-Wales, dem er beiwohnte. Man trug in einen eisernen Kessel 20 Ctr. Werkblei ein, versetzte diese nach dem Schmelzen mit 1 Ctr. geschmolzenem Zink und ließ es nach gehörigem Umrühren und Dämpfen des Feuers so lange stehen, bis das Zink an der Oberfläche zu einem Kuchen erstarrt war, den man vom Bleiherd abhob. Aus mehreren derartigen Versuchen ergab sich, daß der Silbergehalt der genannten Menge Blei von 90—120 Unzen durch das Zink bis auf 1 oder 0,5 Unze verringert war. Das Zink wird von dem Silber durch Destillation geschieden. Nach Beendigung der Destillation nimmt man die Rückstände heraus und treibt, nachdem man etwas Blei hinzugefügt hat, wie gewöhnlich ab. Das condensirte Zink dient zur Entsilberung neuer Quantitäten Blei. Um das entsilberte Blei vom beigemengten Zink zu befreien, bringt man dasselbe auf den

Boden eines Flammenofens, schließt die Ofenthüre und erhitzt ziemlich rasch bis zur Dunkelrothglühhitze. Darauf öffnet man die Thüre; die einströmende Luft oxydirt das Zink und bildet auf der Oberfläche des Metalls eine weißliche Kruste. Diese wird von Zeit zu Zeit abgenommen und die Temperatur auf dem Punkte erhalten, daß das Zink verbrennen kann, das Blei aber nicht wesentlich oxydirt wird. Sobald die Oberfläche glänzend bleibt, nimmt man das Blei aus dem Ofen und gießt es in Form von Barren.

§. 173.

Feinbrennen des Blicksilbers.

Das unmittelbar aus den Erzen gewonnene Silber, mag es nun durch Amalgamation, oder durch Bleiarbeit, oder endlich durch Niederschlagen aus seiner Lösung durch metallisches Kupfer dargestellt worden sein, ist niemals rein, sondern enthält immer noch mehrere Procente anderer Metalle. Auch bei der Treibarbeit wird der Proceß nie so lange fortgesetzt, bis alle fremden Metalle vollkommen oxydirt wären, und gewöhnlich beträgt der Silbergehalt des Blicksilbers oft nicht ganz 95 Proc. Die Reinigung des Silbers von allen Beimischungen anderer Metalle durch Oxydation nennt man das Feinbrennen des Silbers. Enthält das Silber nur noch Blei oder macht letzteres den vorwiegenden Bestandtheil des fremden Metalls aus, so ist das Feinbrennen nichts als ein fortgesetzter Treibproceß, welcher aber nicht auf den großen Herden der Treiböfen, sondern in einem mehr concentrirten Raume vorgenommen wird. Macht dagegen das Blei nicht den überwiegenden Bestandtheil der Verunreinigungen aus, so wird erst dem Silber durch Schmelzen ein Zusatz von Blei gegeben und darauf erst die Oxydation vorgenommen. Stets entstehen beim Feinbrennen kleine Quantitäten von Bleiglätte, welche man aber nicht wie bei dem Treibproceß von der Oberfläche des Silbers ablaufen, sondern von der gewöhnlichen Masse (Knochenasche, Mergel) absorbiren läßt, aus welcher die Gefäße, deren man sich zum Feinbrennen bedient, gefertigt sind. Im Allgemeinen lassen sich drei Arten des Feinbrennens unterscheiden, nämlich 1) das Feinbrennen in Testen, Schalen oder eisernen Ringen, welche mit Knochenasche ausgefüttert sind, vor dem Gebläse, 2) das Feinbrennen unter der Muffel, 3) das Feinbrennen im Flammenofen. Letzteres Verfahren ist das vortheilhafteste und einfachste. Das erhaltene Brand- oder Feinsilber (argent fin, *fine silver*) enthält in der Regel 15 Loth 15 Grän Feinsilber in der Mark.

In Freiberg wird das von der Amalgamation herrührende Tellersilber durch Umschmelzen in gußeisernen Tiegeln von Blei, Antimon befreit und als 11—12 löthiges kupferhaltiges Raffinatsilber abgegeben. Zu

Pontgibaud wird das Blicksilber anstatt des Feinbrennens einem Feinschmelzen in Graphittiegeln unter Zusatz von etwas Salpeter und Quarz unterworfen.

Das Gold.

§. 174.

Das Gold (or, *gold*) ist dasjenige Metall, dessen Kenntniß in entferntere Zeiten hinaufreicht, als die Geschichte. Der Umstand, daß das Gold meist gediegen vorkommt, und der auffällige Glanz mußten es früher bekannt werden lassen. Seine Schönheit und seine leichte Bearbeitbarkeit mögen ihm zuerst den höheren Werth verschafft haben, welcher ihm zu allen Zeiten beigelegt wurde. In den ältesten Schriften der Israeliten, welche auf uns gekommen sind, wird des Goldes und seiner Verarbeitung bereits gedacht.

Die Farbe des Goldes ist allgemein bekannt, aber schon höchst geringe Mengen anderer Metalle können die goldgelbe Farbe dieses Metalles modificiren. Durch Poliren nimmt es hohen Glanz an. An Härte übertrifft es nur wenig das Blei, dagegen ist es das geschmeidigste aller Metalle. Neben der Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit besitzt das Gold große absolute Festigkeit, welche jener des Silbers fast gleich kommt. Die Elasticität ist unbedeutend, daher es auch wenig Klang besitzt. Das spec. Gewicht des Goldes geht von 19,25 im gegossenen und nicht ausgestreckten Zustande bis 19,55, selbst nach Karmarsch bis zu 19,6, wenn es durch Bearbeitung verdichtet worden ist. Gold dehnt sich beim Erwärmen von 0 bis 100° um $^1/_{682}$ aus, schmilzt bei 1120° und zieht sich nach dem Guß in den Formen stark zusammen, woraus hervorgeht, daß es im geschmolzenen Zustande beträchtlich ausgedehnt worden sein muß. Schmelzendes Gold leuchtet mit meergrüner Farbe. Die Eigenschaft des Goldes, an der Luft, im Wasser und bei der Berührung mit allen Säuren, mit Ausnahme des Königswassers, unverändert zu bleiben, erhöht den Werth des Goldes beträchtlich.

Nach Versuchen von Hatchett vermindern schon sehr kleine Mengen von Blei, Antimon und Wismuth die Dehnbarkeit des Goldes; die übrigen technisch wichtigen Metalle folgen bezüglich ihres Einflusses auf die Dehnbarkeit in nachstehender Reihe: Arsenik, Zink, Nickel, Zinn, Platin, Kupfer und Silber, so daß in der That nur zwei Metalle, Kupfer und Silber, existiren, welche mit dem Golde legirt werden können, um ihm mehr Härte zu ertheilen, ohne seine Dehnbarkeit merklich zu beeinträchtigen. Unter allen Metallen hat das Gold die größte Verbindungsfähigkeit mit dem Quecksilber. Das zu dünnen Blättern ausgeschlagene Gold läßt das Licht, je nach dem Grade seiner Ausplattung, bald mit blauer, bald mit grüner Farbe durchfallen.

§. 175.
Vorkommen des Goldes.

Bis jetzt ist das Gold in der Natur nur im regulinischen Zustande, und zwar in einem blos mechanischen Gemenge und als Berggold eingesprengt im Gebirgsstein, auf Nestern, Lagern, Gängen, im Granit, Syenit, Thonporphyr, in trachitischen Gesteinen, im krystallinischen Schiefer- und Uebergangsgebirge, am häufigsten in Begleitung von Schwefelkies, der zuweilen in Brauneisenstein übergegangen ist, und Quarz, aber auch mit andern Mineralien gefunden worden. Besonders häufig findet sich das Gold auf secundärer Lagerstätte, in eisenschüssigen Conglomeraten, Geschiebmassen (im Seifengebirge), im aufgeschwemmten Lande, im Flußsande (Goldsand, Waschgold), im Gemenge mit Titan- und Magneteisenstein, Platin, Zirkon u. a. Sehr häufig kommt das Gold im Schwefelkies, Kupferkies, Arsenikkies, in der Zinkblende, im Grauspießglanzerze rc. vor. Der Goldgehalt in den kiesigen Erzen (Goldkiese, pyrites aurifères) ist sehr verschieden und wahrscheinlich, daß das Gold darin nicht immer regulinisch, sondern auch zuweilen außer durch Selen und Tellur, auch durch Arsenik und Antimon vererzt vorkommt. Das in der Natur sich findende Gold ist in der Regel mehr oder weniger durch Silber verunreinigt, so z. B. das Electrum (Goldsilber oder Silbergold, Au, Ag), das Palladgold (faules Gold, ouro poudre, Au, Pd, Ag). Die Verbindung des Goldes mit Tellur im gediegenen Tellur, im Tellursilber, im Blättererz und im Schrifterz ist ein so überaus seltenes Vorkommen, daß es in metallurgischer Beziehung völlig unberücksichtigt bleiben kann.

Die Hauptfundorte des Goldes in Amerika (Mexico, Brasilien, Columbien, Peru, Californien), in Sibirien, Australien, am Rhein, in Ungarn und Siebenbürgen rc. sind allgemein bekannt.

§. 176.
Gewinnung des Goldes.

Die Goldgewinnungsmethoden lassen sich in folgender Weise eintheilen (zum Theil nach Kerl):

I. Gewinnung des Goldes aus Goldsand:
   1) durch bloßes Auswaschen,
   2) durch Auswaschen und Amalgamiren;

II. Gewinnung des Goldes aus erdigen Erzen;

III. Gewinnung des Goldes aus kiesigen Erzen:

1) durch Verwitternlassen und Auswaschen der Schwefelkiese,

2) durch Mahlen und Amalgamiren,

3) durch Waschen, Rösten mit Kochsalz und Amalgamiren,

4) durch Rösten und Behandeln des Röstgutes mit Chlor,

5) durch Extrahiren des Goldes durch Königswasser und Niederschlagen aus der Flüssigkeit,

6) durch Schmelzen mit Blei;

IV. Gewinnung des Goldes aus seiner Legirung mit Silber (Gold- und Silberscheidung):

1) durch Schwefelantimon (Gießen des Goldes durch Spießglanz),

2) durch Schwefel (Scheidung durch Guß und Fluß),

3) durch Cementation,

4) durch Salpetersäure (Scheidung in die Quart),

5) durch Schwefelsäure (Affinirmethode, Affination).

§. 177.

Gewinnung des Goldes aus Goldsand.

Bei der Gewinnung des Goldes aus Goldsand (Gewinnung von Waschgold, or de lavage, *wash-gold*), ist nur in seltenen Fällen Veranlassung gegeben, die Massen weiter zu zerkleinern, um durch Waschen das specifisch schwere Gold von den übrigen Körpern zu trennen. Einestheils hat die Natur selbst die Zerkleinerung besorgt, anderntheils hat die Praxis zur Genüge gezeigt, daß größere Felsgeschiebe kein Gold enthalten. Auf diese Weise werden die Arbeiten der Waschgoldgewinnung weit einfacher, als die Operationen zur Herstellung des Berggoldes. Das Waschen wird entweder in hölzernen Näpfen vorgenommen, die man mit Goldsand füllt und diesen mit Wasser so lange schüttelt, bis der Sand möglichst fortgespült ist, oder auf geneigten Tafeln, Wasch- oder Schlämmherden, die zuweilen noch mit wollenem Tuch überzogen sind. Im Alterthum bediente man sich zu demselben Zwecke auch der Thierhäute, woraus die Sage vom goldenen Vließ entstanden sein soll.

Eine andere Methode des Waschens ist die schon seit langer Zeit in Nordcarolina und jetzt auch fast allgemein in Californien und Australien angewendete: es wird dort die sogenannte Wiege benutzt. Dieselbe hat die Gestalt eines nach der Längenaxe durchschnittenen hohlen Cylinders, welcher auf zwei hölzernen Wiegenfüßen ruht. Die Wiege wird halb angefüllt mit dem zu waschenden Sande, darauf mit Wasser fast vollgegossen und in eine schwankende Bewegung gesetzt, dabei aber von Zeit zu Zeit aufgerührt. Dies wird fortgesetzt, bis die Geschiebe von dem blauen Letten, in welchem sie

liegen, sich losgelöst haben, worauf die Bewegung so verstärkt wird, daß das Wasser den Letten aus der Wiege herauswirft. Die tauben Stücke werden mit der Hand entfernt. Neues Wasser wird aufgegossen und das Schwenken wiederholt. Darauf wird die Wiege in der Art geneigt, daß fast alles Wasser abfließt und mit ihm der Rest des aufgeschlämmten Lehmes. Auf dem Boden liegt eine Lage Kies, welche mit der Hand abgehoben wird. Das Abheben wird so oft wiederholt, bis ein ganz feiner Sand zurückbleibt, den man auf einer eisernen Scheibe ausbreitet, welche in Wasser getaucht und in eine drehende Bewegung versetzt wird. Das Gold bleibt zurück. Je reicher der Sand an Gold ist, desto beträchtlicher ist auch unter sonst üblichen Bedingungen der Verlust. Das Waschgold ist niemals vollkommen frei von fremdartigen Beimengungen, besonders von Titaneisen, Magneteisenstein und dgl. Dennoch ist es in diesem Zustande häufig schon Waare. In anderen Fällen vollendet man die Darstellung des reinen Goldstaubes durch eine mühsame Klaubarbeit, in noch anderen Fällen wird das gereinigte Waschgold durch Schmelzen mit Potasche, Borax und Salpeter in feuerfesten Tiegeln gereinigt.

Weit vollkommener geschieht die Trennung des Goldes vom Sand durch Auswaschen und Amalgamiren des Goldschliches. Man übergießt den angereicherten Goldsand mit 2 Th. Quecksilber und reibt mit hölzernen Keulen bis zur Vollendung der Amalgamation. Das Goldamalgam wird durch Beutel von Leder, Zwillich und Barchent gepreßt und das feste Amalgam in Glockenöfen oder in eisernen Retorten ausgeglüht.

§. 178.

Gewinnung des Goldes aus erdigen Erzen.

Nach Kerl läßt sich das Gold aus erdigen Erzen auf dreierlei Weise gewinnen:

1) durch Zerkleinern und Waschen, wobei z. B. goldhaltiger Quarz durch Pochwerke zerkleint, die Pochtrübe in einen Sumpf geleitet und das Pochmehl auf einem Waschherd concentrirt wird;

2) durch Zerkleinern, Waschen und Amalgamiren;

3) durch Verschmelzen ärmerer erdiger Gold- und Silbererze mit Schwefelkies (güldische Roharbeit) und Behandeln des entstehenden Steines mit Blei.

Parkes hat vorgeschlagen, das fein gepulverte Erz in geschmolzenem Blei umzurühren, die Legirung durch Schlämmen zu sammeln und sie abzutreiben.

§. 179.
Gewinnung des Goldes aus kiesigen Erzen.

Die Goldgewinnung durch Verwitternlassen und Auswaschen der Schwefelkiese zu Manmato am Rio Cauca in Amerika gründet sich auf das verschiedene specifische Gewicht des Goldes (14—19) und des Schwefelkieses (5). Es erklärt sich daraus, warum die Scheidung beider aus dem feingepulverten goldhaltigen Schwefelkies so leicht auszuführen ist. Durch das Verwittern des Kieses an der Luft verwandelt sich ein Theil desselben in Eisenvitriol, der durch das Regenwasser entfernt wird. Durch Mahlen und Amalgamiren des Pulvers gewinnt man das Gold zu Piemont aus Schwefelkies, welcher in Begleitung von Zinkblende und Bleiglanz vorkommt, und in Tirol und Salzburg aus einer aus Quarz und Thonschiefer oder Gneuß bestehenden Masse, welche außer verschiedenen Sulfureten güldisches Silber und Gediegen Gold enthält. Zuweilen wird der verwaschene Kies vor dem Amalgamiren mit oder ohne Kochsalz geröstet.

Die von Plattner in neuerer Zeit (1848) angegebene Methode, das Gold aus armen güldischen Erzen mittelst Chlor auszuziehen, gründet sich darauf, daß freies Chlor metallisches Gold in lösliches Goldchlorid überführt, dagegen andere, als Oxyde vorhandene Metalle wenig oder gar nicht angreift. Plattner stellte seine Versuche mit Arsenikabbränden von Reichenstein in Schlesien an, welche wegen ihres geringen Goldgehaltes (im Ctr. $^1/_{10}$—$^1/_{12}$ Loth) durch den Schmelzproceß nicht mit Erfolg entgoldet werden können. Diese Abbrände bestehen hauptsächlich aus einem Gemenge von Eisenoxyd, Eisenoxydul-Oxyd und basisch arsensaurem Eisenoxyd. Durch Behandeln mit frisch bereitetem Chlorwasser gelang es Plattner, aus 1 Ctr. dieser Abbrände $^1/_{12}$—$^1/_{15}$ Loth Gold zu extrahiren. Das Ausfällen des Goldes aus der Lösung geschah durch Eisenvitriol, wird aber im Großen eben so gut auch durch Cementkupfer geschehen können. Plattner's Methode, von Th. Richter und Duflos geprüft, dürfte manche bisher gebräuchliche Extractionsmethoden des Goldes zu verdrängen im Stande sein. Nach Versuchen von Allain kann man aus Kiesen, welche zuvor geröstet und durch Behandlung mit Schwefelsäure von Eisen, Zink, Kupfer u. s. w. befreit worden sind, mittelst Chlorwasser noch $^1/_{10,000}$ Gold extrahiren. Die beiden Perret, ferner Allain und Bartenbach gewinnen das Gold aus den Schwefelkiesen in den Kupferminen von Chessy und Saint-Bel dadurch, daß sie die abgerösteten und mit Schwefelsäure in einem Ofen geglühten Erze zur Ausziehung des Kupfers und Eisens mit verdünnter

Schwefelsäure digeriren und aus dem Ungelösten durch Königswasser das Gold ausziehen. Aus der erhaltenen Goldchloridlösung wird das Gold mittelst Eisens gefällt und aus dem geglühten Niederschlage das Kupferoxyd durch Digestion mit verdünnter Schwefelsäure entfernt. Bei dem Zugutemachen güldischer silberhaltiger Blei- oder Kupfererze läßt sich das Gold gemeinschaftlich mit dem Silber durch Blei ausziehen. Parkes macht den Vorschlag, das feingepulverte Golderz in geschmolzenem Blei umzurühren, die Legirung durch Schlämmen zu sammeln oder abzutreiben, wobei goldhaltiges Silber zurückbleibt.

§. 180.

Gewinnung des Goldes aus seiner Legirung mit Silber.

(Gold- und Silberscheidung.)

Die im Großen ausgeführten Processe der chemischen Scheidung des Goldes vom Silber geschehen entweder auf trocknem oder auf nassem Wege. Erstere sind sehr unvollkommen, indem sie nicht sowohl beide Metalle vollständig von einander trennen, als vielmehr nur einen Theil des Silbers aus der Legirung entfernen und den Goldgehalt in einer geringeren Menge Silber concentriren. Von den Trennungsmethoden auf trocknem Wege, welche indessen kaum noch Anwendung finden, sind die Trennungen 1) durch Antimon, 2) durch Schwefel, 3) durch Cementation anzuführen.

1) Goldscheidung durch Schwefelantimon (Gießen des Goldes durch Spießglanz, auri per antimonium fusio); sie wird ausgeführt, indem man die Goldlegirung im granulirten Zustande in einem Graphittiegel nach und nach bis zum Schmelzen erhitzt und dann gepulvertes Schwefelantimon, auf 1 Th. der Legirung 2 Th. des letzteren, einträgt und das geschmolzene Gemenge in einen mit Oel oder Fett ausgestrichenen gußeisernen Einguß gießt, in welchem es ruhig erkaltet. Nach dem Erkalten findet man die Masse in zwei Schichten gesondert, von denen die obere, das Plachmal (Plagma), aus Schwefelsilber, Schwefelkupfer und Antimon besteht; das die untere Schicht bildende reguliniſche Metall läßt sich sehr leicht durch Hammerschläge von dem Plachmal trennen. Das Plachmal enthält noch eine Verbindung von Gold mit Antimon, es wird deshalb ein zweites, drittes Mal oder überhaupt so oft geschmolzen, bis in dem Einguß kein Regulus sich mehr absondert. Die Theorie dieser Scheidung ist einfach die, daß sich der Schwefel des Schwefelantimons mit dem Silber, das Antimon aber mit dem Golde verbindet. Das überschüssig angewendete Schwefelantimon geht mit in die Mischung des Plachmals ein. Das Antimon dient demnach als Vehikel für das Gold und vermehrt die Masse des Me-

tallkönigs, dadurch befördert es auch die vollständigere mechanische Absonderung des Goldes von dem Schwefelmetall. Der Metallkönig wird unter der Muffel oder vor dem Gebläse erhitzt (Verblasen des Königs), wobei das Antimon wegraucht. Das zurückbleibende Gold wird durch Schmelzen mit Salpeter, Borax und Glaspulver gereinigt. Die Gewinnung des Silbers aus dem Plachmal kann auf verschiedene Weise, entweder durch Zersetzung des Schwefelmetalles durch bloße Hitze unter der Muffel, oder auch durch Zusatz von metallischem Eisen oder von Bleiglätte, oder auch durch Schmelzen mit Blei und Abtreiben, ausgeführt werden.

§. 181.

2) Die Goldscheidung durch Schwefel (Scheidung durch Guß und Fluß, Pfannenschmied'scher Proceß) bezweckt nicht die vollständige Trennung des Goldes von seinem Legirungsmetall (Silber, Kupfer), sondern nur das Concentriren in einer geringeren Quantität Silber, als in der ursprünglichen. Die Goldscheidung durch Schwefel ist demnach eine Concentrationsarbeit, eine Vorbereitungsarbeit für die Scheidung auf nassem Wege, besonders für die Scheidung durch die Quart. Die Absicht bei dieser Scheidung ist demnach nur die Ersparung an Salpetersäure. Es wird die granulirte goldhaltige Legirung mit $^1/_7$ Th. befeuchteten Schwefelpulvers in einen glühenden Graphittiegel eingetragen und mit Kohlenpulver bedeckt. Der Tiegel wird 2—$2^1/_2$ Stunden in einer schwachen Glühhitze erhalten und dann bis zum Schmelzen erhitzt. Enthielt die Legirung größere Mengen Gold, so sondert sich jetzt ein goldreiches Silber ab, während nur eine sehr kleine Menge des Goldes in dem Plachmal zurückbleibt. War die Legirung dagegen sehr arm an Gold, so findet eine derartige Absonderung entweder gar nicht oder nur unvollständig statt. Um diese zu bewirken, streut man auf die geschmolzene Masse Silberglätte (auf jede Mark Silber 1 bis $1^1/_2$ Loth), deren Sauerstoff einen Theil des Schwefels des Schwefelsilbers zu schwefliger Säure verbrennt, während die freigewordene, äquivalente Quantität Silber mit dem größten Theil des Goldes ausfällt. Das reducirte Blei schmilzt mit den Schwefelmetallen zusammen.

§. 182.

3) Die Goldscheidung durch Cementation (die concentrirte Scheidung) ist das älteste und wahrscheinlich schon seit Jahrtausenden in Gebrauch gewesene Verfahren, das Gold von einem Theile der beigemengten Metalle zu befreien. Es kann Gold von jedem Feingehalt angewendet werden. Gegenwärtig dient die Methode dazu, Gold- oder Vergol-

derarbeiten auf der Oberfläche das Ansehen von feinstem Gold zu geben (Färben des Goldes). Die Cementation ist demnach beim Golde das, was das Weißsieden beim Silber ist. Das zu cementirende Gold wird in Gestalt dünner Bleche oder feiner Granalien in einem bedeckten und lutirten Tiegel (der Cementirbüchse) mit dem Cementpulver, aus 4 Th. Ziegelmehl, 1 Th. Kochsalz und 1 Th. geglühtem Eisenvitriol bestehend, geschichtet und 12—18 Stunden lang einer bis zum mäßigen Glühen sich steigernden Hitze ausgesetzt. Durch Einwirkung des Eisenvitriols auf Kochsalz entwickelt sich Chlor, welches das Silber in Chlorsilber umwandelt; letzteres wird in geschmolzenem Zustande von dem Ziegelmehl aufgesogen. Nach dem Erkalten der Cementirgefäße werden die Bleche von dem Cementpulver gereinigt und mit reinem Wasser ausgekocht. Enthielt die Legirung wenig Gold, so muß das Cementiren mehrere Male wiederholt werden, bis das Gold zu dem Feingehalt gebracht worden ist, daß es auf nassem Wege geschieden werden kann. Feingold läßt sich durch die Cementation niemals darstellen.

§. 183.

Die Goldscheidungen auf nassem Wege werden entweder durch Salpetersäure (Scheidung in die Quart, Quartation) oder durch Schwefelsäure (Affinirmethode) ausgeführt.

1) Die Goldscheidung durch Salpetersäure (Scheidung in die Quart, Quartation) wird im Großen jetzt nur noch selten ausgeführt. Früher nahm man allgemein an, daß bei dieser Scheidung der Silbergehalt das Dreifache des Goldgehaltes betragen müsse. Pettenkofer's Untersuchungen haben aber gezeigt, daß die Trennung noch vollkommen gelingt, wenn auf 1 Th. Gold nicht mehr als $1^3/_4$ Th. Silber vorhanden sind, vorausgesetzt, daß die Salpetersäure gehörig concentrirt sei und man lange Zeit genug koche. Das Verfahren in der Münze von Philadelphia ist folgendes: Das Gold wird zum Theil im natürlichen Zustande, als californisches Gold zur Münze geliefert. Sobald die Lieferungsposten nach Gay-Lussac's Methode probirt sind, werden sie granulirt und mit Silber so legirt, daß auf 1 Th. Gold 2 Th. Silber kommen. Die Tiegel fassen 50 Pfd. Gold und 100 Pfd. Silber und jede Schmelzung dauert etwa eine Stunde. Mit vier Oefen werden täglich 32—48 Schmelzungen gemacht, so daß man täglich $^1/_3$—$^1/_2$ Million Dollars vorrichtet. Die Arbeit von zwei Tagen, oder ungefähr 650,000 Dollars Goldwerth wird granulirt und in großen Steingutkruken mit einer Salpetersäure von 39° Baumé behandelt. Zwei Millionen Dollars erfordern ungefähr 60 solche Töpfe. Am siebenten Tage

wird die saure Lösung von salpetersaurem Silberoxyd mittelst eines goldenen Hebers in hölzerne Eimer abgezogen und in eine große Kufe mit Kochsalz gefüllt, worauf man frische Salpetersäure zu den Metallen giebt, die nur noch sehr wenig Silber enthalten. Ein fünfstündiges Digeriren am siebenten Tage vollendet das Feinmachen von 650,000 Dollars. Man verbraucht auf 1 Pfd. Feingold $4^1/_2$ Pfd. Salpetersäure; in zwei Tagen werden mithin 13,000 Pfd. Salpetersäure verbraucht. Im Laufe des Jahres 1853 betrug der Gesammtverbrauch an Salpetersäure 1 Million Pfund, welche, das Pfd. zu 7 Cents gerechnet, einen Werth von 7000 Dollars ergeben. Das Feingold (von 99 bis 99,3 Proc. Feingehalt) wird ausgewaschen, das nasse Gold unter einer hydraulischen Presse ausgepreßt und die Kuchen in einer eisernen Pfanne bei mäßiger Rothglühhitze getrocknet. Das ausgewaschene Chlorsilber wird noch feucht mit granulirtem Zink zusammengebracht, ohne Zusatz von Säure. Die Reduction erfolgt sehr lebhaft und erst wenn sie nachläßt, setzt man Schwefelsäure zu, um das überschüssige Zink zu entfernen. Die Auflösung von schwefelsaurem Zinkoxyd und Chlorzink wird weggegossen. Auf 1 Million Dollars Gold verbraucht man etwa 40 Ctr. Zink, während man nach den Aequivalentzahlen nur 24 Ctr. brauchen würde. Dieser Ueberschuß hat sich als zweckmäßig erwiesen, weil man dadurch an Zeit und Raum erspart. Das reducirte Silber wird ausgewaschen, ausgepreßt, getrocknet und dient wieder zu neuen Granalien.

§. 184.

5) Die Goldscheidung durch concentrirte Schwefelsäure empfiehlt sich vor der Scheidung durch Salpetersäure durch größere Einfachheit, Wohlfeilheit und durch den Umstand, daß man mit Hülfe dieser Methode Legirungen von fast jedem Goldgehalte scheiden kann. Sie gründet sich auf die Unlöslichkeit von Gold und die Löslichkeit von Silber in erhitzter concentrirter Schwefelsäure:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Legirung } Au,\ Ag\\ \text{Schwefelsäure } 2\ SO_3,\ HO\end{array}\right\}\ \text{geben}\ \left\{\begin{array}{l}\text{Gold } Au,\\ \text{Schwefelsaures Silberoxyd } AgO,\ SO_3,\\ \text{Schwefl. Säure } SO_2 \text{ und Wasser } 2\ HO.\end{array}\right.$$

In der Praxis wendet man jedoch auf 1 Aeq. Silber nicht 2, sondern ungefähr 4 Aequivalente Schwefelsäure an, um durch Bildung von saurem Salze die Abscheidung des schwer löslichen neutralen schwefelsauren Silberoxydes, wodurch die Auflösung der Legirung verzögert werden würde, zu verhindern.

Schnaubert in Moskau schlug zuerst die Schwefelsäure zur Schei-

dung des Goldes vom Silber vor, D'Arcet dagegen brachte das Verfahren im Jahre 1802 und zwar in Platingefäßen in Ausführung.

Nach den Erfahrungen von Pettenkofer gelingt die Scheidung am vollkommensten, wenn die Legirung in 16 Theilen nicht viel mehr als vier und nicht viel weniger als drei Theile Gold, das Uebrige Silber und Kupfer enthält. Beträgt der Goldgehalt mehr als vier Theile, so findet keine vollständige Scheidung statt, indem die Schwefelsäure nicht mehr überall hinbringen und die letzten Silberpartikeln entfernen kann. Sinkt der Goldgehalt unter 1—1½ Theil, so wird erfahrungsmäßig auch kein Feingold erzielt. Das Silber muß mindestens ⅝ der Legirung ausmachen. Die in der Münze zu München noch vortheilhaft affinirten Kronenthaler enthalten $^{7}/_{10{,}000}$ Gold in der rauhen Mark. Die französischen Silbermünzen enthielten $^{1}/_{2000}$ Gold. Ein Bleigehalt von höchstens 0,75 Proc. und ein Kupfergehalt von 7,5 Proc. sollen die Affinirung nicht beeinträchtigen. Enthält die zu scheidende Legirung 20—30 Proc. Kupfer, so unterwirft man sie dem Feinschmelzen (poussée) mit Salpeter, wobei Blei und Kupfer verschlackt werden, oder man glüht sie in einem Flammenofen, um das Kupfer auf der Oberfläche in Kupferoxyd zu verwandeln, und löst dieses in verdünnter Schwefelsäure auf; durch öftere Wiederholung des Processes wird der Legirung die erforderliche Feine ertheilt.

Bei der Affinirung kommen folgende Operationen vor:

1) das Zerkleinen der Legirung;
2) das Auflösen der zerkleinten Legirung in concentrirter Schwefelsäure;
3) die Gewinnung des Silbers aus dem Silbervitriol.

Das Zerkleinen der Legirung. In der Regel wendet man die zu scheidende Legirung in Form von Granalien, seltener in Form von Planchen oder Barren an. Granulirte Legirung bietet der Einwirkung der Schwefelsäure mehr Oberfläche dar, als ganze Stücke, und wird daher leichter und vollständiger gelöst.

§. 185.

Das Auflösen der granulirten Legirung in concentrirter Schwefelsäure geschah früher meistens in Platingefäßen, jetzt wendet man dazu zweckmäßig Kessel von Gußeisen oder Porzellangefäße an. Die zur Scheidung angewendete Säure muß ein spec. Gewicht von 1,848 haben. Man übergießt die granulirte Legirung mit so viel Schwefelsäure, daß deren Menge das 2½fache von dem in der Legirung enthaltenen Silber und Kupfer beträgt, und erhitzt, bis nach 8—12 Stunden die Lösung des

Silbers und des Kupfers vollständig vor sich gegangen ist. Die während dieser Operation sich entwickelnden Dämpfe von Schwefelsäure und schwefliger Säure werden entweder in einer Esse abgeleitet oder zweckmäßiger noch zur Fabrikation von englischer Schwefelsäure oder von schwefligsaurem Natron (Antichlor) verwendet. Die Lösung des Silber- und Kupfervitriols wird abgegossen und das im Lösegefäße zurückbleibende Gold mit concentrirter Schwefelsäure ausgekocht. Nach Pettenkofer enthält das auf diese Weise erhaltene Gold noch etwas Silber und Platin (97,0 Th. Gold, 2,8 Th. Silber und 0,2 Th. Platin), von welchen Metallen es durch Umschmelzen mit Salpeter und zweifach schwefelsaurem Natron befreit wird.

Die Gewinnung des Silbers aus dem Silbervitriol. Die Lösung in der bleiernen Fällpfanne wird mit so vielem Wasser verdünnt, daß sie 25° Baumé zeigt. Auf 100 Th. Silber der Lösung werden etwa 30 Th. metallisches Kupfer in die Pfanne gebracht. Man erhitzt jetzt die Flüssigkeit durch eingeleiteten Dampf bis zum Kochen und rührt fleißig um. Sobald eine herausgenommene Probe der Flüssigkeit durch Kochsalzlösung nicht mehr getrübt wird, ist die Fällung beendigt. Die Lauge, welche Kupfervitriol und freie Schwefelsäure enthält, wird entweder mit Kupferglühspänen neutralisirt und auf Kupfervitriol verarbeitet, oder sogleich, ohne vorher die freie Säure zu sättigen, auf letzteren versotten, und die dabei fallende sehr saure Mutterlauge nach dem Concentriren wieder zum Auflösen von Silberlegirung benutzt.

Das gefällte Silber (chaux d'argent, *water-silver*) wird mit heißem Wasser ausgewaschen, nach dem Auswaschen gepreßt und getrocknet und zuletzt zur Entfernung etwa vorhandenen Kupfers mit etwas Salpeter in feuerfesten irdenen oder eisernen Tiegeln eingeschmolzen. Das so erhaltene Feinsilber hat einen Silbergehalt von 15 Loth bis 15 Loth 17 Grän.

Die Pariser Affineurs liefern nach Dr. Ure dem Eigenthümer des goldhaltigen Silbers sowohl das Silber, als auch das abgeschiedene Gold zurück und erhalten für ihre Arbeit nur das in der Legirung enthaltene Kupfer nebst $5^1/_2$ Franken für das Kilogramm des affinirten Metalles. Enthält die Legirung weniger als $^1/_{10}$ Gold, so behalten sie $^1/_{2000}$ des Goldes und alles Kupfer, liefern dagegen alles übrige Gold und alles Silber ab und zahlen außerdem eine Prämie von 75 Centimes auf das Kilogramm feingemachten Metalles. Verlangt der Eigenthümer alles Gold und Silber zurück, so berechnet der Affineur 2 Franken 68 Cent. pr. Kilogr. und behält außerdem das Kupfer. Bei stark legirtem Silber erhält der Affineur nur das Kupfer, während er alles Silber abliefert.

§. 186.

Goldscheidung durch Königswasser. Bei silberarmem Golde, aus welchem Schwefelsäure das Silber nur unvollständig auszieht, wendet man zur Scheidung zuweilen Königswasser (ein Gemisch von Salpetersäure und Salzsäure, in welchem freies Chlor der wirksame Bestandtheil ist, $NO_5 . HO + Cl\,H = NO_4 , Cl, 2\,HO$) an. Das Gold löst sich als Goldchlorid auf, während Chlorsilber unlöslich zurückbleibt. Aus der Goldchloridlösung wird das Gold gefällt durch Eisenvitriol:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Goldchlorid } Au\,Cl_3\\ \text{Eisenvitriol } FeO,\,SO_3\end{array}\right\}\text{ geben }\left\{\begin{array}{l}\text{Gold } Au\\ \text{Schwefelsaures Eisenoxyd } 2\,Fe_2\,O_3,\,3\,SO_3\\ \text{Eisenchlorid } Fe_2\,Cl_3,\end{array}\right.$$

oder durch Oxalsäure (Kleesäure), indem man zu der Flüssigkeit kohlensaures Kali und eine ziemliche Menge krystallisirter Oxalsäure setzt und die Lösung rasch bis zum Sieden erhitzt:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Goldchlorid } Au\,Cl_3\\ \text{Oxalsäure } 3\,C_2\,O_3,\,HO\end{array}\right\}\text{ geben }\left\{\begin{array}{l}\text{Gold } Au\\ \text{Salzsäure } 3.\,Cl\,H\\ \text{Kohlensäure } 6\,CO_2,\end{array}\right.$$

oder durch Antimonchlorür:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Goldchlorid } 2\,Au\,Cl_3\\ \text{Antimonchlorür } 3\,Sb\,Cl_3\end{array}\right\}\text{ geben }\left\{\begin{array}{l}\text{Gold } 2\,Au\\ \text{Antimonchlorid } 3\,Sb\,Cl_5\end{array}\right.$$

oder durch Arsenchlorür:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Goldchlorid } 2\,Au\,Cl_3\\ \text{Arsenchlorür } 3\,As\,Cl_3\end{array}\right\}\text{ geben }\left\{\begin{array}{l}\text{Gold } 2\,Au\\ \text{Arsenchlorid } 3\,As\,Cl_5.\end{array}\right.$$

Das Nickel.

§. 187.

Das Nickel (nickel, *nickel*) kommt spärlich in der Natur vor und zwar meist in Gesellschaft von Kobalt. Die am frühesten bekannte Verbindung des Nickels war der Kupfernickel $Ni_2\,As$ mit 44 Proc. Nickel, dessen zuerst von Hiärne 1694 erwähnt wird. Seiner Farbe wegen ward dieses Mineral zuerst für ein Kupfererz gehalten und die vergeblichen Bemühungen, aus ihm Kupfer zu gewinnen, veranlaßten die Bezeichnung Kupfernickel (Nickel ist bekanntlich in der Volkssprache einiger Gegenden Deutschlands ein Schimpfwort). Im metallischen Zustande wurde das Nickel im Jahre 1751 von Cronstedt dargestellt. Reines Nickelmetall ist ein fast silberweißes Metall, hart und politurfähig, läßt sich kalt oder glühend zu Platten strecken und zu Draht ziehen. Sein spec. Gew. = 8,6—8,9.

Das Nickel läßt sich etwas schweißen und ist eben so strengflüssig fast als Schmiedeeisen. Es wird vom Magnete angezogen und wird dabei selbst attractorisch. Es läßt sich mit anderen Metallen legiren und bildet u. A. das Neusilber (s. Legirungen). Außer in dem schon erwähnten Kupfernickel findet sich das Nickel im Nickelglanz $Ni\,S_2 + Ni\,As$, im Antimonnickel $Ni_2\,Sb$, im Nickelkies (Haarkies) $Ni\,S$, im Antimonnickelglanz $Ni\,S_2 + Ni\,Sb$ ꝛc. Ein Hauptnickelerz ist die nickelhaltige Speise (Kobaltspeise) der Blaufarbenwerke und andere Hüttenproducte wie z. B. Schwarzkupfer, Kupfergarschlacke u. s. w.

§. 188.

Gewinnung des Nickels.

Auf den Hüttenwerken beabsichtigt man weniger die Reindarstellung des Nickels selbst, als vielmehr die Gewinnung einer nickelreichen Speise oder eines Steines. Als Vehikel für das Nickel dient entweder Arsenik oder Schwefeleisen. Eine ältere Methode der Nickelgewinnung von Gersdorf besteht darin, die gepulverte Speise in einem Flammenofen zu rösten und das durch die Röstung entstandene arseniksaure Nickeloxydul der Einwirkung einer aus Holzspänen erzeugten wasserstoffhaltigen Flamme auszusetzen. Der Rückstand wird mit Kohlenpulver gemengt in einem Graphittiegel einer 8—12stündigen starken Hitze ausgesetzt. Der hierbei erhaltene, mehr oder weniger schwammige Nickelregulus enthält bis zu 95 Proc. Nickel.

Von den in neuerer Zeit befolgten Methoden ist nichts Zuverlässiges bekannt geworden. Darstellungsmethoden sind von Erdmann, Louyet und Patera veröffentlicht worden.

Methode von Erdmann. Die feingemahlene, unter Zusatz von Kohle abgeröstete Speise wird an einer feuchten Stelle liegen gelassen, bis die graue Farbe der Masse in eine graugrüne übergegangen ist. Man löst sie nun in Salzsäure und verdünnt die Lösung mit Wasser, wobei Wismuth als basisches Salz sich abscheidet. Die klare, von dem Niederschlage abgezogene Lösung wird vorsichtig mit Eisenchlorid und Kalkmilch versetzt, damit die Arseniksäure als Eisenoxydsalz abgeschieden werde. Aus der nickelhaltigen Flüssigkeit wird durch Kalkmilch Nickeloxydulhydrat niedergeschlagen, welches nach dem Trocknen durch Glühen mit Kohle reducirt wird.

§. 189.

Birminghamer Methode, beschrieben von Louyet. Das aus Ungarn bezogene Erz besteht größtentheils aus Schwefelarsenikverbindungen

und enthält gewöhnlich 6 Procent Nickel und 3 Procent Kobalt. Man mengt die Erze mit einer kleinen Menge Flußspath und kohlensaurem Kalk und erhitzt bis zur Weißglühhitze in einem Flammenofen; man erhält eine obenauf schwimmende Schlacke, die abgezogen wird, und eine flüssige, metallisch aussehende Masse. Letztere wird nach dem Erkalten gepulvert und im Flammenofen so lange geröstet, als sich noch arsenige Säure entwickelt. Das Garröstgut löst sich jetzt fast vollständig in Salzsäure. Die Lösung wird mit Wasser verdünnt und mit Chlorkalk versetzt, um das Eisen in Oxyd zu verwandeln. Dieses Oxyd und die vorhandene Arseniksäure werden mit Kalkmilch ausgefällt. Die von diesem Niederschlage abgezogene Flüssigkeit wird mit Schwefelwasserstoffgas behandelt, so lange als noch ein Niederschlag entsteht. Aus der von dem Niederschlage getrennten Flüssigkeit wird das Kobalt durch Chlorkalk gefällt, gewaschen, bis zum Rothglühen erhitzt und als Kobaltoxyd $Co_2\ O_3$ in den Handel gebracht. Aus der vom Kobalt befreiten Flüssigkeit wird das Nickel durch Kalkmilch als Nickeloxydulhydrat gefällt und letzteres wird nach Erdmann's Methode reducirt.

§. 190.

A. Patera hat eine Zugutemachungsmethode für die reichen Silber-, Nickel- und Kobalterze von Joachimsthal beschrieben. Die Erze mit durchschnittlich 5 Mark Silber und 5 bis 10 Proc. Nickel und Kobalt im Centner werden im Flammenofen mit Wasserdampf bei möglichst niedriger Temperatur abgeröstet und das geröstete Erz in Partien von 37½ Pfund in einer hölzernen Bütte mit verdünnter Schwefelsäure bis gegen 40° erwärmt, dadurch wird der größte Theil des Nickels und Kobalts aufgelöst. Nach Entfernung der schwefelsauren Nickel- und Kobaltoxydullösung wird das Erz zur Auflösung des Silbers mit verdünnter Salpetersäure behandelt. Aus der Silberlösung, welche auch Nickel und Kobalt enthält, wird das Silber durch Kochsalz gefällt, das Chlorsilber ausgewaschen, durch Eisen und Schwefelsäure reducirt und das reducirte Silber im Graphittiegel eingeschmolzen. Die vom Silber befreite Lauge enthält außer Nickel und Kobalt auch noch Arsensäure. Patera wählte zur Trennung der letzteren vom Nickel und Kobalt die Birminghamer Methode, reducirte aber das abgepreßte und getrocknete Nickeloxydulhydrat durch Glühen mit 5 Proc. ordinärem Kornmehl und Rübenmelasse. Das Erhitzen der in Würfel geschnittenen, getrockneten und in Kohlenpulver verpackten Masse geschieht in einem Tiegel bei heftiger Weißglühhitze. Die poröse Masse schweißt zusammen und behält, wenn das Nickel rein war, die Würfelform bei. Sollte aber das

Nickel noch unrein sein, so genügt es, vorher das Oxydulhydrat mit 10 bis 15 Proc. Soda zu rösten, wodurch die letzten Antheile Arsen und Schwefel entfernt werden. Die erhaltenen Nickelwürfel sind rauh; sie werden in ein um seine Axe drehbares Faß gegeben, mit Wasser abgerollt und so polirt. Sie enthielten:

Nickel	86,40
Kobalt	12,00
Kupfer	Spur
Eisen	0,22
Schwefel	0,10
Kieselerde	1,40.

Nach einer anderen Analyse von Wysoky enthielten sie 98,44 Proc. Nickel und Kobalt.

Bei der Verarbeitung der sogenannten Nickelspeise kann man durch anhaltendes heftiges Rösten mit Kohle zwar den größten Theil des Arsen entfernen, ein Theil bleibt jedoch hartnäckig beim Nickel. Patera schlägt vor, um ein vollkommen arsenfreies Nickel darzustellen, die Nickelspeise mit 15 Proc. calcinirter Soda und 1 Proc. Chilesalpeter innig gemengt in einem Flammenofen zu glühen und die geglühte Masse mit Wasser auszulaugen, welches arsensaures Natron auflöst. Es ist dies mithin die von Wöhler vorgeschlagene Methode, das Arsenik von den Metalloxyden zu trennen.

Das Kobalt.

§. 191.

Das Kobalt (cobalt, *cobalt*) ist als Metall erst im Jahre 1733 von Brandt erkannt worden. Daß die Erze des Kobaltes die Eigenschaft besitzen, dem Glase eine blaue Färbung zu ertheilen, war dagegen seit längerer Zeit bekannt. Nach den zuverlässigsten Angaben ist die Erfindung des blauen Kobaltglases um 1550—1560 gemacht worden. Als der Erfinder wird der böhmische Glasmacher Christoph Schürer genannt, der sein Geheimniß an die Engländer verkaufte, welche Farbemühlen anlegten und die Kobalterze aus Sachsen kommen ließen. In der Mitte des 16. Jahrhunderts entstanden auch in Böhmen Farbemühlen. Alle diese Werke gingen aber ein, als Kurfürst Joh. Georg I. die Kobaltausfuhr aus Sachsen verbot und selbst die noch bestehenden Blaufarbenwerke bei Schneeberg anlegte. Nicht die Darstellung des reinen Kobaltmetalles, das bis jetzt in der Technik noch keine Anwendung gefunden hat, sondern die des Kobaltoxydes aus seinen Erzen und die Anwendung des Kobaltoxydes zur Erzeugung des

blauen Kobaltglases auf den sogenannten Blaufarbenwerken sind Gegenstand der metallurgischen Benutzung der Kobalterze. Die wichtigsten Kobalterze sind das Speiskobalt (cobalt arsenical, *grey cobalt-ore*) Co As, Kobalt zum Theil durch Nickel und Eisen vertreten; das Glanzkobalt (Kobaltglanz, cobalt gris, *cobalt-glance*) $Co S_2 + Co As$, enthält gegen 35 Proc. Kobalt, wovon jedoch ein kleiner Theil durch Eisen ersetzt sein kann; schwarzes Erdkobalt (Kobaltschwärze, cobalt oxidé noir, *black cobalt-ore*) $Mn O_2$, Co O, H O, zuweilen gemengt mit Eisenoxyd, arsenikſaurem Kobaltoxydul und Thonerdesilicaten, enthält bis zu 15 Proc. Kobalt; Kobaltblüte, $As O_5$, $3 Co O + 8 H O$.

Die Bereitung der Smalte.

§. 192.

Unter Smalte (blaue Farbe, Kobaltfarbe, smalte, bleu d'azur, *small*, *powder blue*) versteht man ein in den Blaufarbenwerken dargestelltes, feingemahlenes blaues Glas, dessen tingirender Bestandtheil das Kali-Kobaltoxydul-Silicat $CoO, 2 SiO_3 + KO, 2 SiO_3$ ist. Es ist kein anderes Metalloxyd bekannt, das für Glasflüsse ein so starkes Färbevermögen besäße, als das Kobaltoxydul. 1 Th. dieses Oxydes färbt 250 Th. Glas noch deutlich blau. Die Intensität der Farbe ist von der mechanischen Zertheilung des Glases abhängig. Je feiner das gemahlene und geschlämmte Glas ist, desto mehr Kobaltoxydul muß es enthalten, um eine genau bestimmte Farbennüance beizubehalten. Die Smalte wird nach dem Grade ihrer Feinheit verschieden bezeichnet. Die gröbste Sorte, das Streublau, kommt unter dem Namen Blausand in den Handel. Das Uebrige heißt Farbe, Couleur, oder Eschel, Sumpfeschel. Letztere setzt sich aus dem Schlammwasser zuletzt ab und erscheint wegen ihrer großen Vertheilung sehr hell. Sie wird entweder umgeschmolzen oder als hellste Sorte der Eschel in den Handel gebracht. Nach dem Schlämmen wird die Farbe gesiebt und zuletzt durch Mischen des blässeren und dunkleren Mehles jede Sorte auf ihr Normalmuster gebracht. Bei der im Handel gebräuchlichen Bezeichnung der Escheln, Couleuren und Blausande bedeuten SF superfein, F fein, M mittel, O ordinär, C Couleur, E Eschel, B Böhmisch, S Stück, G gesiebt, MBS Mittelblausand. Die wichtigsten Blaufarbenwerke sind die im Erzgebirge (Oberschlema, Pfannenstiel, Zschopauthal), nächst diesen sind in Deutschland von Wichtigkeit die zu Schwarzenfels im Kurfürstenthum Hessen, zu Hasserode am Harz, die Horstmannschen Werke an der Ruhr. Von außerdeutschen Werken ist das Blaufarbenwerk zu Modum in Norwegen zu erwähnen. Die holländische Smalte (sarsisch)

Blaauwsel) ist in der Regel sächsisches Product. Die feinste und kobaltreichste Sorte Smalte wird **Königsblau** genannt.

§. 193.

Die Schönheit der Farbe des blauen Kobaltglases wird durch verschiedene fremde Körper beeinträchtigt. Natron kann bei der Smaltebereitung das Kali nicht ersetzen, weil das Natronglas immer eine violette Nüance giebt. Aehnlich dem Natron verhalten sich Kalk und Magnesia. Thonerde schadet nicht der Reinheit, wohl aber der Intensität des Farbentons. Eisenoxydul und Eisenoxyd geben der Smalte einen schwärzlichgrünen, düsteren Ton, welcher von der eigenthümlichen Färbung der Eisenoxydul- und Eisenoxydsilicate herrührt. Ordinäre Smalten können jedoch einen starken Eisengehalt ohne Nachtheil vertragen, während ein selbst geringer Eisengehalt bei hochfarbigen Sorten von entschiedenem Nachtheile ist. Manganoxyde können ebenfalls zu geringen Smalten ohne Nachtheil in größeren Mengen zugesetzt werden; bessere Sorten werden jedoch dadurch violett. Nickeloxydul giebt eine unangenehme Nüance. Smalten, welche Nickeloxydul enthalten, sind zu feineren Glasuren, die ein reines Blau besitzen sollen, untauglich, selbst beim Appretiren der Leinwand, wozu man indessen gegenwärtig fast allgemein Ultramarin anwendet, veranlassen sie einen dem geübten Auge wahrnehmbaren graulichen Schimmer. Auch Kupferoxydul, Zinkoxyd, Wismuth und Antimonoxyd beschmutzen den reinen Farbenton höherer Smaltemuster. Bleioxyd ist der einzige Stoff, welcher dem Smalteglasflusse selbst in bedeutender Quantität zugesetzt werden kann, ohne daß dadurch die Farbe beeinträchtigt wird. Als Verdünnungs- und Flußmittel bei Glasuren ist es jedoch ganz unschädlich für die Färbung.

§. 194.

Bei der Darstellung der Smalte kommen folgende Operationen vor:

1) das Rösten der Kobalterze,
2) das Beschicken der Kobalterze,
3) das Schmelzen des Gemenges,
4) die Zerkleinerung des Glases.

Die Kobalterze müssen mit großer Sorgfalt aufbereitet werden, besonders wenn sie in der Gebirgsart fein eingesprengt vorkommen. Die bei der Handscheidung und beim Siebsetzen ausgehaltenen Erze werden unter Trockenpochwerken oder unter Walzwerken zerkleinert und durch Sieben auf ein gleiches Korn gebracht. Die derben und reinen Erze werden zu Zaffer verarbeitet. Die wismuthhaltigen Kobalterze werden von dem Wismuth durch das

Absaigern befreit (vgl. S. 123). Die abgesaigerten Erze (Wismuthgraupen) werden in der Regel nur zerkleinert und in kleinen Portionen bei den gewöhnlichen Beschickungen mit angewendet.

Durch das Rösten der Kobalterze sollen Schwefel, Antimon und Arsenik entfernt werden. Die Röstöfen sind von den gewöhnlichen Röstöfen nicht verschieden, nur sind sie mit Condensationsräumen versehen, die zum Auffangen der arsenigen Säure dienen, indem man den Fuchs, anstatt in die Esse, in jene Räume leitet. Das in den dem Fuchse zunächst liegenden Zügen sich absetzende Arsenikmehl enthält einige Procente Kobaltoxydul mechanisch beigemengt und wird später der Beschickung zugesetzt. Solche Kobalterze, welche viel Schwefel und Antimon enthalten, dürfen nur mit Vorsicht und bei allmälig gesteigerter Hitze geröstet werden, weil sie leicht zusammenbacken.

§. 195.

Das Beschicken der Kobalterze. Das mit Quarz, Potasche und Arsenikmehl beschickte geröstete Kobalterz wird das Gemenge genannt. Die Reinheit der Zuschläge ist auf die Schönheit der herzustellenden Smalte von großem Einfluß. Die Vorbereitung des Quarzes besteht darin, daß man Haufen von mehreren Centnern stark glüht und nach dem Erkalten zu feinem Sand pocht. Der erhaltene Sand wird, weil der Sandzusatz zum Kobalterze dem Gewichte nach bestimmt wird, abermals geglüht, nach dem Erkalten abgesiebt und zum Gebrauche aufbewahrt. Auch die Potasche wird durch Glühen vorbereitet und nachher, gegen Feuchtigkeit geschützt, aufbewahrt. Die Quantität des zuzusetzenden Glases richtet sich nach der vorher durch Proben bestimmten tingirenden Kraft des Erzes und der Höhe der zu erzielenden Farbe. Die Menge der Potasche beträgt in der Regel den vierten Theil vom Gewichte des ganzen Gemenges; eine größere Quantität macht die Farbe unansehnlich, eine geringere giebt ein zu strengflüssiges Glas.

Das Schmelzen des Gemenges. Die Einrichtung und der Betrieb der Oefen in den Blaufarbenwerken stimmt mit der der gewöhnlichen Glasöfen im Wesentlichen überein. Der Ofen ist bald kreisrund, bald viereckig. Ein jeder Ofen enthält acht Glashäfen aus sehr feuerfestem Thone, welche auf die Bänke rings um den Rost gestellt werden. Vor jedem Hafen befindet sich, wie in den Glashütten, ein Arbeitsloch, unterhalb dessen aber eine andere Oeffnung, das Knieloch, durch welches das etwa aus dem Hafen geflossene und verschüttete Glas aus dem Ofen gezogen werden kann. Dort, wo sich während des Schmelzens Speise bildet, haben die

Häfen zur Seite am Boden eine Oeffnung (das Speiseloch), welche während des Schmelzens mit Thonpfropfen verschlossen wird, aber sogleich nach vollendeter Schmelzung aufgemacht werden kann.

Man hat bei dem sehr einfachen Schmelzproceß nur darauf zu sehen, daß das Glas in einen recht dünnen Fluß kommt und daß die Masse von Zeit zu Zeit umgerührt wird, damit sie nicht ungleichartig ausfällt. Wenn das Glas durch und durch gleichförmig ist und die Speise zu Boden gegangen ist, so läßt der Schmelzer durch das Speiseloch die Speise ab und schöpft mit einer Schöpfkelle das Glas in ein Wasserreservoir, in welches unablässig frisches Wasser einströmt. Das Glas wird abgeschreckt und läßt sich später um so leichter zerkleinern. Wendet man sehr reine Potasche an, so bildet sich keine Glasgalle; da dies aber selten der Fall ist, so fällt immer Glasgalle ab. Die geschmolzene Masse bleibt einige Zeit ruhig stehen, es bilden sich dann zwei Schichten. Nachdem die obere, blaßblau gefärbte, aus schwefelsaurem Kali, Chlorkalium und etwas kieselsaurem Kali bestehende mit einem eisernen Stabe abgehoben worden ist, findet man darunter das blaue Kobaltglas.

Ein jeder Hafen faßt ungefähr 3 Ctr. Beschickung. Die in einem Ofen befindlichen acht Häfen geben in 24 Stunden gegen 19 Ctr. Kobaltglas und 25—70 Pfd. Kobaltspeise. 100 Th. Beschickung geben gegen 88 bis 90 Th. Glas.

Die als Nebenproduct fallende und zur Nickelgewinnung (vgl. Seite 189) angewendete Kobaltspeise (Speise) ist eine Legirung von Nickel, Arsenik, Wismuth, welche außer geringen Mengen von Kobalt, Eisen u. s. w. auch größere oder geringere Mengen von Schwefelmetallen enthält.

§. 196.

Die Zerkleinung des Glases. Das erhaltene Kobaltglas wird in Pulver verwandelt, um daraus die verschiedenen Sorten Smalte zu bereiten. Man beginnt mit dem Trockenpochen des Sandes und siebt den Pochsand trocken durch ein Sieb. Das Kobaltglas ist nun in gewöhnlichen Sand verwandelt, der auf Mühlen gemahlen wird, die sich von den gewöhnlichen nur wenig unterscheiden. Die Mühlsteine bestehen aus Granit. Die auf der Mühle dargestellte Smalte wird aus den Mühlfässern in die Untersetzfässer abgezapft, aus welchen sie sogleich in große Waschfässer gefüllt wird. In diesen setzt sich zuerst das Streublau ab. Die Trübe wird sogleich in ein zweites Waschfaß übergefüllt, in welchem sich die eigentliche Farbe oder Couleur absetzt. In dem dritten Gefäße setzt sich aus der Trübe die Eschel ab. In dem letzten Gefäße bleibt die Flüssigkeit, bis sie vollständig klar geworden ist. Farben und Eschel werden noch verwaschen und die

Waschwasser werden in Sümpfen aufgefangen, in welchen sich die Sumpfeschel absetzen. Die aus den Gefäßen ausgehauenen Farben und Eschel werden getrocknet, gerieben und gesiebt. 100 Th. Kobaltglas geben, nachdem die verschiedenen Operationen des Waschens damit durchgemacht worden sind, gegen 95 Th. Farbenmasse, wozu auch die Rückstände und die Sumpfeschel gerechnet sind, welche bei neuen Schmelzungen wieder zugegeben werden. An käuflicher Waare (Smalte, Streublau) liefern 100 Th. Kobaltglas 60 bis 70 Theile.

Als Beispiele der Zusammensetzung der Smalte mögen folgende von R. Ludwig, Fabrikinspector zu Schwarzenfels in Hessen, dienen:

	Norweg. Smalte.	Deutsche Smalte.	
	(höhere Couleur)	(hohe Eschel)	(grobe blasse Couleur)
Kieselerde	70,86	66,20	72,12
Kobaltoxydul	6,49	6,75	1,95
Kali und Natron	21,41	16,31	1,80
Thonerde	0,43	8,64	20,04.

Außerdem fanden sich darin kleine Mengen von Eisenoxydul, Kalk, Nickeloxydul, Arseniksäure, Kohlensäure und Wasser.

Die Zusammensetzung der Smalte ist derartig, daß ohne die Anwesenheit von Metalloxyden und Erden sich ein beträchtlicher Theil als Wasserglas lösen würde. Für eine gute Smalte ist in der That die Anwesenheit eines Antheiles in Wasser auflöslichen kieselsauren Kalis ein wesentliches Erforderniß. Während der Aufbereitungsarbeit werden der Glasmasse 2,6—3 Proc. kieselsaures, kohlensaures und arseniksaures Kali durch Auflösen entzogen, dessen ungeachtet bleiben in den Smalten 0,75—1,25 Proc. Wasserglas zurück, welche der Smalte manche für deren Gebrauch schätzenswerthe Eigenschaften ertheilen. Sie unterstützen namentlich beim Bleichen und Bläuen der Leinwand dadurch, daß sie die Entfettung ohne Nachtheil für die Stärke der Faser bewirken, sehr wesentlich den Wasch- und Bleichproceß und tragen dazu bei, daß die mit Smalte gebläute Wäsche stets leuchtender und reiner von Grund wird, während andere Bläumittel den Grund des Gewebes beschmutzen, indem sie einen oder den anderen Stoff in dem Gewebe ablagern (R. Ludwig). Dieser Wasserglasgehalt ertheilt der Smalte die Eigenschaft, Wasser aus der Luft aufzunehmen und theils chemisch, theils nur mechanisch zu binden. Im Durchschnitt beträgt der Wassergehalt 1 Proc. und verursacht die beliebte Eigenschaft der Escheln, welche man mit dem technischen Ausdrucke „das Ballen" bezeichnet und in deren Folge sie wie feines lockeres Mehl erscheint.

§. 197.

Eigenschaften der Smalte und ihre Prüfung.

Die von der Smalte verlangten Eigenschaften richten sich je nach der Anwendung, die davon gemacht werden soll. Die Verschiedenheiten, die man an den verschiedenen Smalten wahrnimmt, beziehen sich auf den Grad der Feinheit des Kornes und die Höhe der Farbe, zuweilen auch auf die Nüance. Eigenschaften, die einer jeden guten Smalte zukommen, sind folgende:

1) jede Smaltesorte, sie mag nun grob oder fein sein, muß aus gleich großen und gleich dunkelgefärbten Körnchen bestehen;

2) sie muß sich wie feines Getreidemehl ballen und darf kein sandiges Pulver bilden;

3) sie darf keine Knötchen enthalten, was von zu großem Wasserglasgehalte herrühren würde, sie wird dadurch zur Verwendung für die Appretur des Leinens untauglich, indem dadurch blaue Flecken im Weißzeug hervorgebracht werden;

4) sie darf nicht mit Gyps, Sand, schwefelsaurem Baryt oder Ultramarin verfälscht sein.

Der größte Theil der Smalte wird verwendet, gelblich- oder röthlichweiße Stoffe dem Auge rein weiß erscheinen zu lassen. Die blaue Farbe der Smalte ist die Complementärfarbe für diesen gelblichweißen Ton. Man nennt diese Art des Verbrauches der Smalte „das Bläuen;" sie findet nicht nur bei der Wäsche, bei Lein- und Baumwollzeug, sondern auch bei Bleiweiß und anderen weißen Farbstoffen, selbst bei Meliszucker statt. Zu letzterem Zweck ist indessen wol überall die Smalte durch das Ultramarin verdrängt worden. Dasselbe läßt sich auch vom Bläuen des Papieres sagen, wo man wol jetzt kaum noch Smalte anwendet, da diese ihrer Schwere wegen sich dazu nicht eignet. Auch als Tünche wird die Smalte vielfach benutzt. Zum Anstrich mit Wasserglas ist sie besonders gut geeignet.

§. 198.

Zur Prüfung der Smalte wendet man nach R. Ludwig 1) das aufs Musterlegen, 2) die Wasserprobe, 3) die Säureprobe an.

Das aufs Musterlegen. Ein jedes Blaufarbenwerk hat eine bestimmte Reihenfolge von Smalten als Grundmuster aufgestellt und mit gewissen Zeichen belegt. Diese Muster unterscheiden sich nicht allein im Korn, sondern auch im Kobaltgehalte. Durch das aufs Musterlegen beabsichtigt man nun eine Smalte mit dem Grundmuster zu vergleichen. Zuerst ermittelt man durch den Augenschein, ob die vorliegende Smalte zu einem gröberen

oder feineren, dunkleren oder helleren Muster paßt. Dasjenige, welchem sie am ähnlichsten erscheint, wird mit einem Messer oberflächlich eben gedrückt, darauf eine erbsengroße Partie des zu vergleichenden Musters gebracht und dasselbe vollkommen in die vorher gebildete Ebene eingedrückt. Man erkennt nun leicht, ob die zu prüfende Smalte mit dem Grundmuster an Farbe, Ton und Korn übereinstimmt oder nicht. Findet dies statt, so macht man die Gegenprobe, indem man auf die zu vergleichende Smalte eine Probe vom Grundmuster eindrückt. Die Größe des Kornes wird hierbei durch eine gute Lupe bestimmt. Bei dieser Probe muß der Feuchtigkeitsgrad beider Smalten gleich groß sein, da feuchte Smalte dunkler gefärbt erscheint als trockne. Man läßt deshalb beide Sorten vor der Probe 6—8 Stunden lang an einem etwas feuchten Ort offen neben einander liegen. Beigemengten Gries ermittelt man, indem man eine Messerspitze voll mit dem Finger über ein plattes Papier streicht.

Die Wasserprobe wird angewendet, um zu erfahren, ob die Feinheit der Eschelkörnchen übereinstimmt. Es werden zu dem Ende von den mit einander zu vergleichenden Smalten gleiche Volumen, etwa ein Fingerhut voll, in zwei gleich große Cylindergläser gebracht, mit gleichen Mengen Wasser übergossen und tüchtig aufgerührt. An der Trübe schon läßt sich leicht der größere Gehalt an feinerem Mehle erkennen; die gröbere Smalte wird sich aber auch schneller zu Boden setzen als die feinere. Bei dieser Probe findet man auch, ob eine Smalte Gries enthält oder mit Gyps, Schwerspath ꝛc. verfälscht ist.

Die Säureprobe wird angewendet, wenn eine Verfälschung der Smalte mit Ultramarin vermuthet wird. Man bringt von der zu prüfenden Smalte und dem ähnlichsten Grundmuster gleiche Mengen in zwei Cylindergläser und übergießt sie mit schwacher Salzsäure: die Farbe des Ultramarins wird unter Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas zerstört und man erkennt, wenn man die Proben mit gleichen Mengen Wasser zusammenschüttelt, leicht an der Farbenverschiedenheit die stattgefundene Verfälschung.

§. 199.

Bereitung von Zaffer.

Unter Safflor (Saflor) oder Zaffer versteht man das fertige Röstproduct, welches nach dem Abrösten der Kobalterze bleibt, gemischt mit einer bestimmten Menge Quarzsand, damit blaue Gläser von einer bestimmten Höhe sich bilden, wenn der Safflor mit einem Zusatz von Potasche zu Glas geschmolzen wird. Je nach ihrer Reinheit unterscheidet man ordinäre (OS), mittlere (MS) und feine (FS und FFS) Safflore. Sie bestehen wesentlich

aus Kobaltoxydul, Kobaltoxyd, Arsenik, Nickel, mit Spuren von Eisen-, Mangan-, Wismuthoxyd u. s. w. und dem zugesetzten Quarzsand. Auf den norwegischen Blaufarbenwerken stellt man Safflor durch Fällen einer Lösung von schwefelsaurem Kobaltoxydul mit einer Lösung von kohlensaurem Kali dar.

Das in der Porcellan- und Glasmalerei angewendete Kobaltoxydul (Kobaltoxyd) wird auf den Blaufarbenwerken und in chemischen Fabriken theils auf trocknem, theils auf nassem Wege dargestellt. Ersteren Weg schlägt man in England und Norwegen, letzteren in Sachsen und auf den tunaberger Kobaltwerken in Schweden ein. Das schwarze Kobaltoxyd des Handels (RKO) besteht zum größten Theile aus reinem Kobaltoxyd ($Co_2\ O_3$) und wird nach Mitscherlich wahrscheinlich dargestellt, indem man Kobaltoxydulhydrat oder kohlensaures Kobaltoxydul bei Zutritt der Luft längere Zeit erhitzt. Auf den sächsischen Blaufarbenwerken unterscheidet man folgende Sorten Kobaltoxyd: PKO phosphorsaures Kobaltoxydulhydrat, RKO Kobaltoxyd ($Co_2\ O_3$), AKO arseniksaures Kobaltoxydulhydrat, KOH Kobaltoxydulhydrat.

Das Mangan.

§. 200.

Das in technischer Beziehung allein wichtige Manganerz ist der Braunstein (Mangansuperoxyd, Pyrolusit, Polianit, Graubraunsteinerz, Weichmanganerz, Glasmacherseife, manganèse oxide, savon de verrerie, *manganese ore*), welcher in reinem Zustande 63,64 Mangan und 36,36 Sauerstoff enthält und nach der Formel $Mn\ O_2$ zusammengesetzt ist, aber in der Regel geringe Mengen von Baryt, Kieselerde und Wasser enthält. Außerdem sind von bisweilen angewendeten Manganerzen anzuführen der Braunit $Mn_2\ O_3$, der Manganit, $Mn_2\ O_3.\ HO$, der Varvicit $Mn\ O_2 + Mn_2\ O_3\ HO$, der Hausmannit $Mn_3\ O_4$ und Psilomelan $Mn\ O.\ 2\ Mn\ O_2.\ HO$, Manganoxydul zum Theil ersetzt durch Kali, Baryt, Magnesia, Kupferoxyd ꝛc.

Die Hauptfundorte des Braunsteins sind Ilmenau in Thüringen, Ilefeld am Harz, bei Gießen, Eretnich im Saarbrückenschen und Calveron in Frankreich.

Der Braunstein dient zur Bereitung von Sauerstoffgas, von Chlor und unterchlorigsauren Salzen (Chlorkalk), zum Entfärben und Färben des Glases, in der Glas- und Emailmalerei, zur braunen Töpferglasur, zur Färbung der Masse gewisser Arten feineren Steingutes ꝛc. Die wichtigste Anwendung des Braunsteins ist die zur Entwickelung von Chlor, zu welchem Zwecke der Braunstein mit Salzsäure:

Braunstein $Mn\,O_2$ Salzsäure $2\,ClH$	geben	Manganchlorür $Mn\,Cl$ Wasser $2\,HO$ Chlor Cl

oder mit Kochsalz und Schwefelsäure erhitzt wird:

Braunstein $Mn\,O_2$ Kochsalz $Na\,Cl$ Schwefelsäure $2\,SO_3$	geben	Manganvitriol MnO, SO_3 Glaubersalz NaO, SO_3 Chlor Cl.

§. 201.

Braunsteinprobe.

Der Handelswerth des Braunsteins ist abhängig:

1) von der Quantität des außerhalb des Manganoxyduls (MnO) vorhandenen Sauerstoffs oder auch des Chlors, welche der Braunstein zu entwickeln vermag;

2) von den Beimengungen an in Säure löslichen Substanzen (kohlensaurer Kalk, kohlensaurer Baryt, Eisenoxyd), welche bei der fabrikmäßigen Anwendung des Braunsteins zur Chlorentwickelung einen Theil der benutzten Säure sättigen; auch können zwei verschiedene, von jenen Beimengungen freie Braunsteinsorten, um eine gleiche Menge Chlor zu entwickeln, verschiedene Quantitäten Säure erfordern und dadurch ungleichen Werth erhalten; dies ist z. B. der Fall, wenn eine Braunsteinsorte außer Mangansuperoxyd ($Mn\,O_2$) auch Manganoxyd ($Mn_2\,O_3$) und zwar als Hydrat enthält. Durch beigemengte Gangarten wie Quarz, Schwerspath wird der Preis durch den Raum und das Gewicht, welche sie auf dem Transporte nutzlos einnehmen, sehr erhöht;

3) von dem Wassergehalte, der bis zu 15 Proc. betragen kann.

Nach den Versuchen von Fresenius ist die zum Trocknen des Braunsteins geeignetste Temperatur 120°, weil dabei alles hygroskopische Wasser, aber kein Hydratwasser fortgeht. Für Handelszwecke ist es bequemer und vollkommen ausreichend, den fein gepulverten Braunstein in dünner Schicht sechs Stunden lang bei 100° zu trocknen, zumal auch in England alle Braunsteinproben mit bei 100° getrockneten Pulvern angestellt werden und eine allgemeine Uebereinstimmung in diesem Punkte nicht hoch genug angeschlagen werden kann. Da die bei 100° getrockneten Braunsteine bei vollständigem Trocknen bei 120° noch 0,3—0,5 Proc. Feuchtigkeit abgeben, so läßt sich ja nöthigenfalls der eine Zustand auf den anderen mit Leichtigkeit reduciren.

Unter der großen Anzahl der vorgeschlagenen Braunsteinproben sei die zuerst von Thomson und Berthier vorgeschlagene und später von Will und Fresenius vereinfachte Methode angeführt, welche sich darauf

gründet, daß ein Aequivalent Mangansuperoxyd mit Schwefelsäure übergossen und erhitzt, durch seinen frei werdenden Sauerstoff ein Aequivalent Oxalsäure in zwei Aequivalente Kohlensäure umzuwandeln vermag:

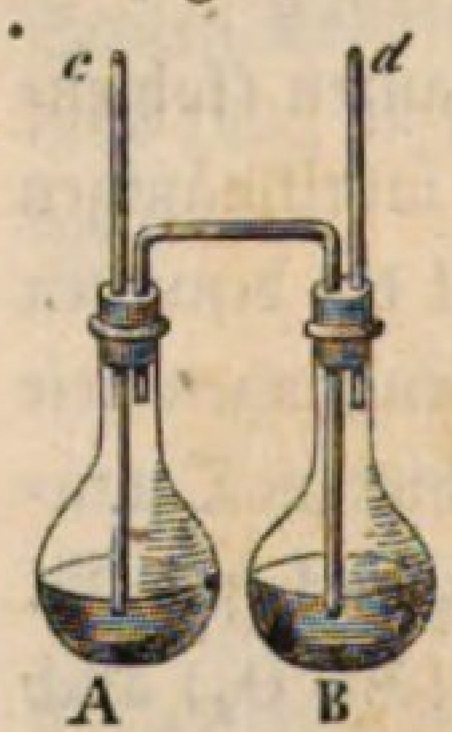
1 Aequiv. Mangansuperoxyd $Mn\ O_2$	geben	1 Aequiv. Manganvitriol MnO, SO_3
1 Aeq. Schwefelsäure SO_3		2 Aeq. Kohlensäure $2\ CO_2$
1 Aeq. Oxalsäure $C_2H\ O_4$		1 Aeq. Wasser HO.

Aus dem Gewichte der entwichenen Kohlensäure läßt sich dann leicht der Gehalt des Braunsteins an Mangansuperoxyd berechnen.

§. 202.

Zur Ausführung der Braunsteinprobe nach Will und Fresenius bedient man sich des in Fig. 51 abgebildeten Apparates. Zwei Glaskölbchen A und B werden durch luftdicht geschlossene Korke vermittelst einer rechtwinklig gebogenen Glasröhre verbunden, welche in dem Kolben A nur bis durch den Kork, in B aber bis auf den Boden reicht. In jedem Kolben befindet sich noch eine an beiden Seiten offene Glasröhre c und d. In den Kolben A bringt man das Gemenge des zu untersuchenden, vorher bei 120° getrockneten Braunsteins mit der Oxalsäure oder des oxalsauren Kalis und so viel Wasser, daß der Kolben ungefähr bis zum dritten Theile angefüllt ist. Den Kolben B füllt man zur Hälfte mit englischer Schwefelsäure an. Nachdem dies geschehen, verschließt man die obere Oeffnung der Röhre c mit etwas Wachs und wägt den Apparat; darauf zieht man mit dem Munde durch die Röhre d etwas Luft aus dem Kolben, so daß beim Entfernen des Mundes eine kleine Quantität Säure in den Kolben A tritt. Die Entwickelung der Kohlensäure tritt sofort ein; sie entweicht durch die Schwefelsäure in den Kolben B und wird dadurch getrocknet. Läßt die Kohlensäureentwickelung nach, so saugt man abermals etwas Schwefelsäure herüber und fährt so fort, bis aller Braunstein zersetzt ist, was ungefähr 5—10 Minuten Zeit erfordert. Die Beendigung des Versuches erkennt man nicht nur an dem Aufhören der Kohlensäureentwicklung, sondern auch daran, daß kein schwarzes Pulver mehr am Boden des Kolbens sich befindet. Nach vollendeter Kohlensäureentwickelung entfernt man das Wachs bei c und saugt längere Zeit bei d, um alle Kohlensäure aus dem Apparate zu entfernen. Durch nochmaliges Wägen erfährt man den Gewichtsverlust und daraus durch Berechnung die Quantität des in dem Braunstein enthaltenen Mangansuperoxydes, da sich zwei Aequivalente Kohlensäure ($2\ CO_2 = 44$) zu einem Aequiv. Mangan-

Fig. 51.



superoxyd ($Mn\ O_2$) verhalten wie die gefundene Kohlensäure zu x. Wendet man zu dem Versuche 2,98 Gramm getrockneten Braunstein an und dividirt die Quantität der Kohlensäure durch 3, so sind die Centigramme der entwichenen Kohlensäure der Ausdruck des Procentgehaltes an reinem Superoxyd. Auf einen Theil Braunstein wendet man $1^1/_2$ Th. neutrales oxalsaures Kali an.

Braunsteinsorten, welche kohlensaure Erden enthalten, werden von diesen Beimengungen vor dem Versuche befreit, indem man eine gewogene Menge des Braunsteins mit sehr verdünnter Salpetersäure digerirt, den Braunstein dann auf ein Filter bringt, mit Wasser auswäscht und dann mit dem Filter vorsichtig in das Kölbchen A wirft, worauf die Operation wie gewöhnlich vorgenommen wird.

§. 203.

Mohr hat die vorstehende Methode vereinfacht. Man erhitzt den Braunstein in einer dicken metallenen Schale auf einer kleinen Spirituslampe und rührt mit der Kugel eines Thermometers um, wodurch das von Fresenius vorgeschlagene stundenlange Erwärmen umgangen wird. 2,178 Gramm des getrockneten Braunsteins werden bei Gegenwart von 30 — 50 Kubikcentimeter titrirter Oxalsäurelösung, welche im Liter 63 Gramme krystallisirter Oxalsäure enthält, durch 4 — 5 Kubikcentimeter Schwefelsäure in einer Kochflasche zersetzt, wobei Kohlensäure entweicht. Die Flüssigkeit wird bis zu 300 Kubikcentimeter mit Wasser verdünnt und die nicht zersetzte Oxalsäure mittelst einer titrirten Lösung von übermangansaurem Kali ($KO, Mn_2\ O_7$) bestimmt. Da Oxalsäure und Mangansuperoxyd nach gleichen Aequivalenten sich zersetzen, so repräsentirt 1 Kubikcentimeter verbrauchte Normaloxalsäure genau $^1/_{1000}$ Aequiv. Mangansuperoxyd in Grammen. 1 Kubikcentimeter übermangansauren Kalis wird auf Normaloxalsäure reducirt, diese von der angewendeten Totalmenge der letzteren abgezogen und der Rest mit 2 multiplicirt, wodurch man den Gehalt des Braunsteins an Superoxyd in Procenten erhält.

Streng schlägt zur Ermittelung des Werthes des Braunsteins vor, denselben mit überschüssigem Zinnchlorür und Salzsäure zu erhitzen ($Sn\ Cl$ und $Mn\ O_2$ geben $Sn\ O_2$ und $Mn\ Cl$) und das Zinnchlorür mittelst einer Lösung von zweifach chromsaurem Kali zu bestimmen. Nach Mohr tritt dem Gelingen dieses Verfahrens der nie fehlende Gehalt des Braunsteins an Eisenoxyd entgegen.

Das Aluminium.

§. 204.

Das Aluminium oder Alumium (aluminium, *aluminium*) wurde im Jahre 1827 von Wöhler in Göttingen entdeckt und durch Reduction von Chloraluminium mittelst Kalium dargestellt. Anfangs wurde es nur als graues Pulver erhalten, später (1845) fand Wöhler, daß es auch in geschmolzenen Kügelchen erhalten werden könne und erkannte es als ein zinnähnliches, hämmerbares und geschmeidiges, an der Luft blank bleibendes Metall von 2,5—2,67 spec. Gewicht. Deville beschäftigte sich seit 1853 mit der Darstellung des Aluminiums und fand, daß es sich weit weniger leicht oxydire, als man bis dahin geglaubt hatte, daß es auch beim Schmelzen und Gießen sich nicht oxydire, in siedendem Wasser blank bleibe und durch verdünnte Säuren nicht angegriffen werde. Deville's Mittheilung veranlaßte durch die in seiner Abhandlung ausgesprochene Hoffnung, das in der Natur so überaus verbreitete Aluminium werde große technische Wichtigkeit erlangen, daß auf kaiserliche Rechnung dieses Metall in der Fabrik der Herren von Suffer in Javelle bei Paris fabrikmäßig dargestellt wurde (es sollen bereits 6—7 Ctr. Aluminium in dieser Fabrik hergestellt worden sein).

§. 205.

Das Aluminium wird durch Zersetzen von Chloraluminium mittelst Natrium dargestellt. Die Natriumbereitung ist von Deville dergestalt verbessert worden, daß der Preis desselben, der noch vor zwei Jahren 400 bis 500 Gulden das Kilogramm betrug, jetzt schon auf 40—50 Gulden herabgegangen ist. Das Natrium wird durch Glühen eines Gemenges von 100 Th. calcinirter Soda, 15 Th. Kreide und 45 Th. Steinkohle erhalten und es soll nicht einmal die zur Zinkgewinnung nöthige Temperatur erforderlich sein. Das Chloraluminium wird erhalten, indem ein geglühtes Gemenge von reiner Thonerde, durch Glühen von Ammoniakalaun dargestellt, mit Steinkohlentheer in einer eisernen Gasretorte bei gelindem Glühen mit Chlorgas behandelt wird, wobei die Kohle mit dem Sauerstoff der Thonerde zu Kohlenoxyd, das Aluminium mit dem Chlor zusammentritt, sich als Chloraluminium verflüchtigt und in einer gemauerten, im Innern mit Fayence ausgekleideten Kammer verdichtet wird. Hier ist eine Verunreinigung des Chloraluminiums mit Eisenchlorid nicht zu vermeiden, weshalb denn auch das Pariser Aluminium immer eisenhaltig ist (bis zu 4,6 Proc.). Aus dem Chloraluminium wird das Aluminium dadurch ausgeschieden, daß man es in Dampfform mit Natrium zusammenbringt, wobei freies Aluminium und eine aus

Chloraluminiumnatrium (Al_2Cl_3, 3 $NaCl$) bestehende wenig flüchtige Salzmasse sich bildet, welche das metallische Aluminium umschließt. In einer Wasserstoffatmosphäre wird in der Rothglühhitze das Salz abdestillirt, während das Aluminium zu Kügelchen zusammenschmilzt. Das häufige Mißlingen der Arbeit mag die Ursache des noch so hohen Preises des Aluminiums (das Gramme 3 Franken bei Rousseau frères, rue de l'école de médecine No. 9 in Paris) sein. Unzweifelhaft werden die Schwierigkeiten in der letzten Phase der Fabrikation bald gehoben sein und es wird möglich werden, nach einer Berechnung von Dumas, das Pfund für etwa einen Gulden herzustellen.

In Folge der Versuche von Deville haben sich mehrere Chemiker veranlaßt gefunden, auch ihrerseits Versuche über die Fabrikation des Aluminiums anzustellen, so Chapelle, Brunner, Chenot und Duvivier. Die von Bunsen in Heidelberg angegebene Methode, Aluminium durch Elektrolyse des Chloraluminium-Chlornatriums (Al_2Cl_3, $NaCl$) zu erhalten, hat vielmehr rein wissenschaftliches, als technisches Interesse. H. Rose in Berlin wandte zu seinen Versuchen nicht das künstlich dargestellte Chloraluminium, sondern den als Mineral in Grönland in großer Menge vorkommenden Kryolith, eine Verbindung von Fluoraluminium (Al_2Fl_3, 3 $NaFl$) an, welche in Berlin unter dem Namen Mineralsoda zur Bereitung der Seifensiederlauge zu drei Thalern der Centner verkauft wird. Rose und später Wöhler stellten aus dem Kryolith im Kleinen durch Glühen mit Natrium mit Leichtigkeit das Aluminium dar.

§. 206.

Heeren und Karmarsch fanden an dem Pariser Aluminium (das 4,6 Proc. Eisen enthielt) folgende Eigenschaften: Eine reine blanke Fläche des Metalles erscheint grauweiß von einem Farbenton, welcher zwischen der Farbe des Zinnes und jener des Zinkes liegt; es ist härter als Zinn, aber weicher als Zink und Kupfer, etwa eben so hart als Feinsilber; es hat einen starken Klang; es ist nicht sehr biegsam und bricht mit unebner, zackig feinkörniger Fläche; es ist leicht zu feilen, verstopft aber den Feilhieb wie Zinn oder Blei. Unter dem Hammer zeigt es sich geschmeidig, doch erhält es bei etwas starkem Austreiben viele Kantenrisse. Es läßt sich zu Blech auswalzen; das Blech ist leicht zerbrechlich, zeigt große Steifheit, jedoch keine auffallende Elasticität. Aluminiumblech von Papierdünne kann wiederholt hin- und hergebogen werden, ehe es zerbricht. Es läßt sich nicht zu Draht ziehen.

Es hält sich an der Luft sehr gut und erträgt selbst Glühhitze, ohne sich beträchtlich zu oxydiren, doch bildet sich auf der Oberfläche ein dünnes Häut-

chen von Thonerde, das beim Schmelzen und Gießen die Vereinigung der Metalltheilchen erschwert. Man wendet daher ein Flußmittel an, wozu sich Chlorkalium besonders eignet. Der Schmelzpunkt des Aluminiums liegt bei etwa 700°. In Salzsäure und Kalilauge löst es sich unter stürmischer Wasserstoffentwickelung. Salpetersäure, verdünnte wie concentrirte, sind, kalt und warm angewendet, ohne alle Einwirkung. Durch Quecksilber wird es nicht amalgamirt; mit Zinn bildet es eine ziemlich harte, aber doch streckbare Legirung. Ebenso wie das Eisen legirt es sich mit Blei nicht.

Nach den bis jetzt bekannten Eigenschaften des Aluminiums kann diesem Metalle eine große Nutzbarkeit nicht eingeräumt werden, da es schon seiner unscheinbaren Farbe wegen, so wie in Folge seiner Leichtlöslichkeit in den Alkalien und einigen Säuren auf eine Anwartschaft als Stellvertreter des Silbers verzichten muß.

Zweiter Abschnitt.

Die Legirungen.

§. 207.

Mit dem Namen Legirungen (alliages, *alloys of metals*) werden Verbindungen der Metalle unter sich bezeichnet, gleichgiltig, ob sie in stöchiometrischen Verhältnissen vereinigt, oder ob sie nur in unbestimmten Verhältnissen gemischt sind. Nur die Verbindungen des Quecksilbers mit den übrigen Metallen werden Amalgame genannt.

Folgende von Bolley entworfene Tabelle giebt eine Uebersicht der technisch wichtigeren Legirungen nach Qualität und Quantität der Bestandtheile:

Kupfer und Zinn.

	Kupfer.	Zinn.
Glockenmetall	100,00	25,00
Kanonenmetall	100,00	10—11
Gong-Gongs aus China	78,00	22,00
Metall zu Uhrenglocken	100,00	33,00
Medaillenbronze	92,00	8,00

Kupfer und Zink.

		Kupfer.	Zink.
Messing	im Durchschnitt	70	30
Pinchbeck		34,0	6,0
Prinzmetall		2—3	1,0
Bathmetall		55,0	45,0
Mosaisches Gold oder Chrysorin		100,0	52—55
Messingschlagloth		49,0	31,0
Hämmerbares Messing		70,1	29,9

Kupfer und Silber.

Der Gehalt der Legirungen zu Silberwaren und Silbermünzen ist in den verschiedenen Ländern durch die Münzgesetze vorgeschrieben.

Kupfer und Gold.

	Kupfer.	Gold.
Die rothe Karatirung	1—2	1

Kupfer und Quecksilber.

	Kupfer.	Quecksilber.
Kupferamalgam für Zahnärzte	30	70

Kupfer, Zinn und Zink.

	Kupfer.	Zinn.	Zink.
Mannheimer Gold	91,00	15,00	9,00
Bronzen zu Statuenguß nach Hoffmann in Berlin			
Rothgelbe Grenze	84,42	4,80	11,28
Hochgelbe Grenze	65,95	2,49	31,56

Kupfer, Zinn und Antimon.

	Kupfer.	Zinn.	Antimon.
Britanniametall	1,84	81,90	16,25
Desgl.	0,90	90,71	9,20
Metal d'Alger	1,00	19,00	Spur

Kupfer, Zink und Nickel.

	Kupfer.	Zink.	Nickel.
Neusilber, Packfong, Argentan	40,60	43,75	15,60
Desgl.	52,00	26	22
Desgl.	59,00	30	11
Desgl. (Alfenide)	63,00	31	6

Zinn und Zink.

	Zinn.	Zink.
Unächtes Blattsilber	100	11

Zinn und Blei.

	Zinn.	Blei.
Schnellloth	1	1
Desgl. schwaches	2	1
Desgl. starkes	1	2
Sickerloth	63	37

Zinn und Antimon.

	Zinn.	Antimon.
Britanniametall	9	1

Zinn und Quecksilber.

	Zinn.	Quecksilber.
Spiegelbeleg	70	30

Blei und Antimon.

	Blei.	Antimon.
Schriftgießermetall	1	10
Desgl.	1	4

Blei und Arsenik.

	Blei.	Arsenik.
Jagdschrot	100	0,4—0,3

Zink und Silber.

	Zink.	Silber.
Doppler's Spiegelmetall	1	4

Silber und Gold.

	Silber.	Gold.
Grünes Gold	1	2—3
Messinggelbes Gold	2	1
Emaillirgold	9	37

Wismuth und Quecksilber.

	Wismuth.	Quecksilber.
Amalgam für spiegelnde Glaskugeln	80	20

Zinn, Blei und Wismuth.

	Zinn.	Blei.	Wismuth.
Newton's leichtflüssiges Metallgemisch	3	5	8
Desgl. von Rose	1	1	2
Zu Zeugdruckformen	3	2	1
Metall zum Abklatschen der Perrotineformen	1	1	1

Zinn, Blei, Wismuth und Antimon.

	Blei.	Zinn.	Wismuth.	Antimon.
Queen's Metall	9	1,0	1	1,0
Metall zum Abklatschen der Perrotineformen	48	32,5	9	10,5.

In den folgenden Paragraphen wird die Technik nachstehender, besonders wichtiger Legirungen beschrieben werden:

1) Bronze:
   α) Glockenmetall;
   β) Kanonenmetall;
   γ) Statuenbronze.
2) Messing.
3) Neusilber.
4) Silber- und Goldlegirung.

Die Bronze.

§. 208.

Die Bronze (Erz, Metall, bronze, *hard brass*, *bronze*) ist eine Legirung aus Kupfer und Zinn, oder Kupfer, Zinn und Zink. In früherer Zeit wurde die Bronze auch statt Eisen und Stahl angewendet. Die Alten verfertigten daraus Schneidewerkzeuge, Waffen und viele andere Gegenstände, welche gegenwärtig aus Eisen oder Stahl verfertigt, theils viel wohlfeiler sind, theils ihrer Bestimmung weit besser entsprechen. Durch den

Zusatz von Zinn oder von Zinn und Zink wird das Kupfer leichtflüssiger und daher brauchbarer zum Guß, dichter und deshalb politurfähiger; es wird ferner härter, spröder, klingender und tönender und ist weit wohlfeiler als reines Kupfer, wodurch es ebenfalls zu vielen Zwecken geeigneter wird. Die hauptsächlichsten Arten der Bronze sind Glockenmetall, Kanonenmetall und Statuenbronze.

α) Glockenmetall (Glockengut, Glockenspeise, métal de cloches, *bell-metal*) besteht durchschnittlich aus 78 Th. Kupfer und 22 Th. Zinn. Es muß Klang mit Härte und Festigkeit verbinden. Es ist ein sprödes Metall und deshalb ist die Behandlung der Glocke auf der Drehbank nicht mehr ausführbar; die Glocke muß demnach den Ton, den sie erhalten soll, durch den Guß, durch ihre Form und durch die Metallmischung erhalten. Zuweilen wird dem Metall, um Zinn zu sparen, Zink und Blei zugesetzt, was leicht schädlich sein kann. Ein Vorurtheil ist es hingegen, daß, um der Glocke einen besonders hellen Klang zu verschaffen, Silber beigemischt werden müsse. Obgleich die Chroniken nachweisen, daß beim Gusse der Glocken die Gläubigen das Silber selbst oft in Masse in den Herd geworfen haben, so hat doch die Analyse niemals Silber in diesen sogenannten Silberglocken nachzuweisen vermocht. Die Oeffnungen des Herdes führten demnach nicht zu dem schmelzenden Metalle. Ein Kubikfuß (hannov.) Glockenmetall wiegt 470—480 Pfund.

§. 209.

β) Kanonenmetall (Geschützmetall, Stückgut, Gut, Kanonengut, bronze à canon, *gun-metal*); es besteht durchschnittlich aus 100 Th. Kupfer und 10 Th. Zinn und muß mechanisch und chemisch dauerhaft sein. Die mechanische Dauerhaftigkeit erfordert 1) Zähigkeit, damit das Geschütz nicht beim Entzünden der Ladung, wobei dasselbe einem Drucke von wenigstens 1200—1500 Atmosphären ausgesetzt ist, gesprengt werde; 2) Elasticität, damit den durch die häufigen und stoßweisen Gasentwickelungen auf die Cohäsion geschehenden Angriffen entgegengetreten werde; 3) Härte, welche die beim Anschlagen des Geschosses entstehenden Vertiefungen in der inneren Wand des Geschützes (der Seele), die sogenannten Kugellager, verhindern soll. Die chemische Beständigkeit endlich verlangt die möglichst größte Unangreifbarkeit des Geschützes durch die Luft, durch die Zersetzungsproducte des Schießpulvers und der Schießbaumwolle und durch die bei der Entzündung derselben bewirkte hohe Temperatur.

γ) Statuenbronze zu Bildsäulen, Büsten, Verzierungen besteht

aus Kupfer, Zinn, Blei und Zink. Sie muß so zusammengesetzt sein, daß sie im geschmolzenen Zustande dünnflüssig genug ist, um die Gußform vollständig auszufüllen und einen reinen scharfen Guß zu liefern, der sich leicht ciseliren läßt und eine schöne grüne Patina annimmt. Die Reiterstatue des Königs Ludwigs XIV. in Paris (1699 beendigt) besteht aus 91,40 Kupfer, 5,53 Zink, 1,70 Zinn und 1,37 Blei; die Reiterstatue von Ludwig XV. aus 82,45 Kupfer, 10,30 Zink, 4,10 Zinn und 3,15 Blei; die von Heinrich IV. (auf dem pont neuf zu Paris) aus 89,62 Kupfer, 4,20 Zink, 5,70 Zinn und 0,48 Blei. Beim Zusammenschmelzen der Bronze schmilzt man zuerst das Kupfer ein und setzt dann die vorläufig erwärmten übrigen Metalle hinzu. Beim Zusatz des Zinkes muß man sich bemühen, dasselbe auf den Grund des geschmolzenen Kupfers zu bringen, weil außerdem ein Theil desselben durch Verflüchtigung und Oxydation entfernt wird. Man schätzt an der Statuenbronze die Eigenschaft, sich bald mit einer gleichmäßigen und schön grünen Oxydschicht (Antikbronze, Patina, patine verte, patine antique) zu überziehen, eine Schicht, deren Bildung man auch häufig durch Anwendung chemischer Mittel befördert.

Das Messing.

§. 210.

Das Messing (cuivre, cuivre jaune, *brass*, *yellow brass*) gehört zu den ältesten und am längsten bekannten Legirungen. Ob dieses aus Kupfer und Zink bestehende Metallgemisch früher bekannt war, als die Legirung des Kupfers mit Zinn, ist nicht wohl zu ermitteln. Für die Technik ist die Kupfer-Zinklegirung von weit größerer Wichtigkeit als die entsprechende Kupfer-Zinnlegirung. Zink und Kupfer verbinden sich in allen Verhältnissen mit einander, aber nur das Messing hat unter allen Legirungsverhältnissen allein technische Anwendung gefunden. Die Quantität der beiden Metalle im Messing variirt je nach der Anwendung, die von dem Messing gemacht werden soll. Durchschnittlich beträgt der Zinkgehalt 30 Proc. Im Allgemeinen ertheilt ein geringerer Zinkgehalt dem Messing eine dunklere röthlichgelbe Farbe, ein größerer Zinkgehalt eine lichtere gelbliche Färbung. Je größer der Kupfergehalt ist, desto dehnbarer ist das Messing. In kaltem Zustande ist das Messing hämmerbar und läßt sich strecken, walzen und zu Draht ausziehen; in heißem Zustande erhält es leicht Brüche und Risse. Ein hämmerbares oder schmiedbares Messing (yellow metal), welches sich in der Glühhitze unter Hammer und Walzen strecken läßt, erhält man durch Zusammenschmelzen von 40 Th. Zink mit 60 Th. Kupfer. Das

Messing hat vor dem reinen Kupfer vielfache Vorzüge. Es hat eine angenehmere Farbe, oxydirt sich nicht so leicht, besitzt größere Härte und Steifheit (und eignet sich nur deshalb zu Blechgefäßen und Stecknadeln), niedrigeren Schmelzpunkt und ist im geschmolzenen Zustande weit dünnflüssiger, ohne beim Erstarren wie das Kupfer blasig zu werden; es ist aus diesem Grunde, und weil es weit billiger ist als Kupfer, zu Gußwaaren ein schätzbares Material. Ein Zusatz von Blei (1—2 Proc.) macht das Messing zur Bearbeitung auf der Drehbank geeignet; solches Messing läßt sich auch besser feilen, da es die Feilen nicht verschmiert.

§. 211.

Die Fabrikation des Messings geschieht auf zweifache Weise: 1) entweder durch Zusammenschmelzen von Galmei, Kohle und Schwarzkupfer, oder 2) durch Zusammenschmelzen von metallischem Zink mit Garkupfer.

Die Messingbereitung mittelst Galmei ist die älteste und jetzt schon fast allgemein aufgegebene Methode. Man bedient sich dazu solcher Oefen, in welchen 7—9 Tiegel aus feuerfestem Thon zu gleicher Zeit eingesetzt werden können. Die Tiegel stehen auf einem Rost. Sämmtliche Tiegel nehmen so viel Masse auf, als zur Darstellung von 100—120 Pfund Messing erforderlich ist. Man benutzt gewöhnlich gerösteten Galmei und zinkhaltigen Ofenbruch der Hohöfen. Da man mit Galmei dem Messing nicht mehr als 27—28 Proc. Zink geben kann, so setzt man kurz vor dem Gießen der geschmolzenen Masse Galmei zu. Früher ließ man die Messingfabrikation in zwei Operationen zerfallen: die erste bezweckte die Herstellung einer Legirung (Arcoschmelzen), welche nur 20 Proc. enthielt; bei der zweiten verband man das Arco (Rohmessing, Mengemessing, Stückmessing, arcot) mit einer neuen Zinkmenge, um es in eigentliches Messing zu verwandeln (Tafelmessingschmelzen). Das Arcoschmelzen ist ein sehr unvortheilhaftes Verfahren, weil die Schmelzkosten dadurch unnöthig vergrößert werden, doch war man früher der Ansicht, es werde durch ein besonderes Arco- und Tafelmessingschmelzen ein besseres Product erhalten. Das Arcoschmelzen fällt gegenwärtig hinweg und man giebt dem Metallgemisch, wenn es in Fluß gekommen ist, das noch mangelnde Zink. Auf gleiche Weise verfährt man mit dem Ofenbruche, aus welchem allein, ohne Zusatz von metallischem Zink, kein Messing hergestellt werden kann. Beim Guß zu Tafelmessing wird der Inhalt aus allen Tiegeln in einem Tiegel (dem sogenannten Gießer), welcher vor dem Messingschmelzofen in einer Grube (dem Monthal) steht, zusammengegossen, das flüssige Metall mit einem

eisernen Stabe (Kaliol) umgerührt und die Oberfläche gereinigt, worauf der Inhalt in die bestimmten Formen gegossen wird. Der Guß in eisernen Formen gelingt nicht gut, wenn es sich um die Herstellung dünner Platten handelt, daher gießt man zwischen Granittafeln, von denen je zwei eine Gußform ausmachen. Die Granittafeln erhalten einen Ueberzug aus Lehm und Kuhmist und werden vor dem Guß gut angewärmt. Es können gegen zwanzig Tafeln gegossen werden, ehe man den Lehmüberzug zu erneuern braucht. Die gegossenen Tafeln werden hierauf überarbeitet, um die Gußnaht zu beseitigen, und dann vermittelst einer Circularsäge in Stücke von passender Form zerschnitten.

§. 212.

Eine früher sehr gebräuchliche Beschickung zum Arcoschmelzen war folgende: 40 Pfd. Kupfer, 65 Pfd. Galmei und 25 Pfd. Kohle, woraus 54 Pfd. Arco erhalten wurden, oder 55 Pfd. Kupfer, 82,5 Pfd. Galmei und die erforderliche Kohle, woraus 77 Pfd. Arco erzielt wurden; zum Tafelmessingschmelzen 48 Pfd. Kupfer, 48 Pfd. Arco und 72 Pfd. Galmei mit der nöthigen Menge Kohle, woraus man $116^1/_2$ Pfd. Messing erhielt. Oder, wenn metallisches Zink zugesetzt wurde, beim Arcoschmelzen 120 Pfd. Kupfer, 55 Pfd. Galmei und sodann 45 Pfd. Zink, woraus 180 Pfd. Arco erhalten wurden. Beim Tafelmessingguß: 40 Pfd. Kupfer, 120 Pfd. Arco, 50 Pfd. Galmei und demnächst 10 Pfd. Zink, wenn das Messing zu Draht bestimmt ist, oder nur 6 Pfd. Zink, wenn das Messing zu Blechen verarbeitet werden soll. Im ersten Falle erhält man 182, im zweiten Falle 178 Pfd. Tafelmessing.

§. 213.

Die Fabrikation des Messings aus Zink kann auf verschiedene Weise ausgeführt werden. Die einfachste und vorzüglichste Methode besteht in der Anwendung gewöhnlicher Tiegel, in welche Kupfer und Zink mit einander geschichtet eingetragen werden und eine starke Decke von Kohlenstaub erhalten. Kupfer und Zink werden in zolldicken Stücken angewendet. Ein Arcoschmelzen findet bei diesem Verfahren nicht statt. Es ist in jedem Falle vorzuziehen, beide Metalle zu gleicher Zeit einzusetzen und mit Kohlenstaub zu bedecken, als das Kupfer zuerst einzuschmelzen und das Zink in das geschmolzene Kupfer einzutragen. In letzterem Falle ist eine Explosion fast unvermeidlich, auch erfolgt niemals eine so innige Verbindung, als wenn beide Metalle zugleich eingeschmolzen werden.

Bisweilen setzt man auch schon dünn gewalztes Kupferblech Zinkdämpfen aus, um es in Messingblech überzuführen.

§. 214.

Dem Messing ähnliche Legirungen sind Tombak (rothes Messing, Rothmetall, Rothguß, tombac, bronze, *tombac*, *red brass*), welches auf 1 Th. Zink stets mehr als 2½ Th. Kupfer enthält. Aus 2 Th. Zink und 11 Th. Kupfer stellt man in Nürnberg und Fürth die Legirung dar, die von den dasigen Metallschlägern zu Blattgold (Goldschaum) verarbeitet wird. Andere Kupferzinklegirungen von goldähnlicher Farbe, die jetzt keine oder doch nur spärliche Anwendung finden, sind: Prinzmetall, Semilor, Manheimer Gold, Pinchbak 2c.

Das Potin jaune der Franzosen ist ein ordinäres, hartes, sprödes, nur zu Gußwaaren taugliches Messing, das durch Einschmelzen von Messingabfällen aller Art dargestellt wird.

Das Neusilber.

§. 215.

Das Neusilber (Argentan, Packfong, Weißkupfer, maillechort, argent d'Allemagne, *german silver, pakfong, tutenay*) ist eine Legirung aus Kupfer, Nickel, Zink oder Zinn, die man auch betrachten kann als Messing mit einem Zusatze von $^1/_6$ — $^1/_3$ Nickel. Das Neusilber ist als Nachahmung des chinesischen Weißkupfers oder Packfongs in Deutschland zuerst ins Leben getreten. Die Veranlassung dazu gab eine vom Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen gestellte Preisaufgabe, eine Legirung für den großen Betrieb zu erfinden, welche im Ansehen dem zwölflöthigen Silber gleichkäme, sich vielfach bearbeiten und als Speise- und Küchengeräth gebrauchen ließe, ohne nachtheilige Folgen für die Gesundheit herbeizuführen. Nach vielfachen Versuchen errichteten 1824 Gebrüder Henniger in Berlin eine Fabrik für Neusilber- oder Weißkupferwaaren, während gleichzeitig Geitner zu Schneeberg in Sachsen dieselbe Legirung darstellte und unter dem Namen Argentan in den Handel brachte. Auch in Frankreich und England fand diese Legirung inzwischen Eingang; im ersteren Lande wurde jedoch der Name Neusilber nicht gestattet, sondern statt dessen die noch jetzt übliche Benennung maillechort angenommen. Das Neusilber ist von fast silberweißer Farbe, von dichtkörnigem oder feinzackigem Bruche, 8,4—8,7 spec. Gewichte und ist härter, aber fast eben so dehnbar als gewöhnliches Messing. Es ist im hohen Grade politurfähig.

§. 216.

Bei der Bereitung des Neusilbers werden Zink, Kupfer und Nickel im zerkleinerten Zustande, letzterer meist als Würfelnickel angewendet. Man bringt die Metalle gemengt in einen Tiegel, doch in der Weise, daß oben und unten etwas Kupfer zu liegen kommt, bedeckt das Ganze mit Kohlenpulver und schmilzt, wobei öfters mit einem eisernen Stabe umgerührt wird. Auch kann man zuerst das Zink mit seiner halben Gewichtsmenge Kupfer zusammenschmelzen und es in dünne, leicht zerbrechliche Platten bringen; den Rest des Kupfers schmilzt man in Gestalt von Granalien mit dem Würfelnickel oder Nickelschwamm gemengt, unter einer Decke von Steinkohlenpulver mit etwas Talg ein und setzt, sobald das Gemenge geschmolzen ist, das Messing in kleinen Stücken hinzu. Gutes Neusilber gleicht 12löthigem Silber und nimmt eine schöne Politur an, welche an der Luft unverändert bleibt. Es wird von sauren Flüssigkeiten weit weniger als Kupfer und Messing angegriffen, weshalb es ohne Gefahr zu Geschirren, in denen Speisen aufbewahrt werden sollen, Anwendung finden kann.

Die Zusammensetzung des Neusilbers ist

Kupfer	50—66
Zink	19—31
Nickel	13—18,5.

In Berlin werden nach Schubarth folgende drei Sorten dargestellt:

	Kupfer.	Nickel.	Zink.
Prima	52	22	26
Secunda	59	11	30
Tertia	63	6	31.

In Sheffield werden nachstehende Sorten gefertigt:

	Kupfer.	Nickel.	Zink.
Ordinär	8	2	3½
Weiß	8	3	3½
Electrum	8	4	3½
Strengflüssig	8	6	3½
Tutenay	8	3	6½.

Das Neusilber ist selbst auf dem Probirsteine kaum vom 12löthigen Silber zu unterscheiden. Befeuchtet man aber den Strich mit Salpetersäure, so wird er rascher gelöst als der von Silber, und auf Zusatz von Salzlösung erfolgt keine Trübung.

§. 217.

Das im Handel vorkommende Chinasilber, aus dem man gegenwärtig Milchkannen, Theeservice, Gabeln, Löffel u. s. w. fabricirt, ist

galvanisch versilbertes Neusilber, welches etwa 2 Proc. seines Gewichtes an Silber enthält und sich durch vollkommene Aehnlichkeit mit silbernen Gefäßen und Geräthschaften, bei bedeutend billigerem Preise empfiehlt. Dem Chinasilber ähnlich sind die unter dem Namen Perusilber und Alpaka aufgetauchten Legirungen.

Eine in neuerer Zeit (1855) aufgekommene silberhaltige Nickellegirung von de Ruolz und de Fontenay, welche das Silber fast zu allen Zwecken ersetzen kann, besteht aus 20 Th. Silber, 25—30 Th. Nickel und 50—55 Th. Kupfer, welches Verhältniß auch noch dahin abgeändert werden kann, daß man 30 Th. Silber, 31 Th. Nickel und 4—9 Th. Kupfer nimmt. Das Nickel muß hierzu möglichst rein sein. Das käufliche Nickel wird zu dem Ende gereinigt. Bei der Darstellung der Legirung schmilzt man zuerst Nickel und Kupfer zusammen und setzt dann das Silber zu; als Fluß dient Borax mit Kohlenpulver. Diese Legirung eignet sich vorzugsweise zu Gußstücken, ist aber auch dehnbar, und wenn es ausgeplättet werden soll, muß der Barren vorher mit Kohlenpulver bedeckt und bis zum schwachen Rothglühen erhitzt werden. Wenn man auf die Dehnbarkeit verzichtet, so kann man das Gußmetall noch etwas verbessern, wenn man zu 100 Th. der fertigen Legirung $^{1}/_{1000}$ bis $^{10}/_{1000}$ Phosphor setzt. Diese phosphorhaltige Legirung fließt leichter, hat ein dichteres Korn und mehr Gleichförmigkeit, ist nicht porös und besitzt endlich eine schöne weiße Farbe. Karmarsch fand, daß diese Legirung eine sehr schöne Politur annimmt, daß sie weit härter ist als 12löthiges Silber und Neusilber, daß die Farbe aber die von gutem Argentan an Schönheit nicht übertrifft.

Eine andere silberhaltige Nickellegirung wird in der Schweiz seit 1850 als Scheidemünzmetall angewendet. Es sollen in 1000 Th. enthalten

die Stücke von	Silber.	Kupfer.	Zink.	Nickel.
20 Rappen	150	500	250	100
10 „	100	550	250	100
5 „	50	600	250	100.

Das eigenthümliche Verfahren, das Silber anstatt mit Kupfer mit Neusilber zu legiren, wurde nach Karmarsch wohl durch das Bestreben hervorgerufen, der geringhaltigen Silberscheidemünze ein weniger unehrenhaftes Aussehen zu verleihen, als das Scheidemünzsilber darbietet, wenn es abgegriffen ist. Die Schweizer Münzen werden allerdings durch die Abnutzung nicht roth, nehmen aber dagegen eine nicht angenehme, schmutzig gelbe Farbe an. Außerdem ist diesen Münzen der Vorwurf zu machen, daß ihr geringer Silbergehalt nur schwierig und mit großen Kosten wieder zu

Gute gemacht werden kann, und daß dieses Scheidemünzmetall unbrauchbar ist, um etwa durch Zusatz von besserem Silber höher hinauf legirt zu werden.

§. 218.

Gold- und Silberlegirungen.

Silberlegirungen.

Reines Silber wird als zu weich fast nie, sondern nur mit Kupfer legirt, verarbeitet. Diese Legirungen sind härter und klingender als reines Silber. In Deutschland bezeichnet man den Gehalt dieser Legirungen auf die Weise, daß man die Lothe angiebt, welche in der Mark enthalten sind (eine Mark = 16 Loth; ein Loth = 18 Grän). Eine feine Mark = 16 Loth Feinsilber. Eine rauhe oder beschickte Mark enthält Kupfer und Silber in verschiedenen Verhältnissen. In Frankreich, Belgien und einem großen Theile von Italien bezeichnet man das Feinsilber mit $^{1000}/_{1000}$ und deutet den Feingehalt der Legirung durch Tausendtheile (millièmes) an. In vielen Ländern existiren gewisse, zum Theil gesetzlich bestimmte Legirungsverhältnisse, nach welchen die Silberarbeiten gewöhnlich dargestellt werden. Silber von diesem vorgeschriebenen Feingehalte heißt Probesilber (argent au titre, *standard silver*). Dieses Probesilber hält in

Bayern, Oesterreich ꝛc.	13 Loth	— Grän	=	$^{8125}/_{10000}$
Sachsen, Preußen, Hannover	12 "	— "	=	$^{750}/_{1000}$
Frankreich, Belgien	15 "	3,6 "	=	$^{950}/_{1000}$
	12 "	14,4 "	=	$^{800}/_{1000}$
England	14 "	14,4 "	=	$^{925}/_{1000}$.

§. 219.

Probiren der Silberlegirungen.

Um den Feingehalt einer Kupfer-Silberlegirung kennen zu lernen, wendet man an:

1) die Probe auf trocknem Wege oder die Kupellation,

2) die Probe auf nassem Wege oder Gay-Lussac's Probe,

3) die hydrostatische Probe oder die Probe von Karmarsch.

Der eigentlichen Probe auf trocknem Wege oder der Kupellation (coupellation) geht eine approximative Bestimmung des Feingehaltes der zu untersuchenden Probe voran, die darin besteht, daß man mit der zu probirenden Legirung einen Strich auf den Probirstein (pierre de touche, *touch-stone*), einen schwarzen Kieselschiefer oder Basalt, macht,

und ebenso mit Probirnadeln (touchaux, *touching-needles*), die aus Legirungen derselben Metalle verfertigt und ihrer Zusammensetzung nach bekannt sind. Aus der Aehnlichkeit der Striche schließt man auf die Aehnlichkeit der Legirung, wobei jedoch der Umstand nicht außer Acht zu lassen ist, daß die Oberfläche von Silberlegirungen durch Ansieden häufig silberreicher gemacht wurde, in welchem Falle die Fläche erst angefeilt werden muß. Drauf schmilzt man die Legirung auf einer Kapelle (coupelle, têt, *coupel*, *test*, d. i. einem kleinen Schälchen, das aus $^3/_4$ ausgelaugter Asche von hartem Holze und $^1/_4$ Knochenasche angefertigt ist) mit reinem Blei (Probirblei, am besten durch Reduction einer Lösung von essigsaurem Bleioxyd mittelst metallischen Zinkes erhalten) zusammen, und zwar mit einer um so größeren Menge desselben, je geringer der Silbergehalt ist. Zuerst wird die Kapelle in einer Muffel glühend gemacht, darauf das Silber hineingebracht, und sobald dieses geschmolzen ist, auch die Silberprobe. Kupfer und Blei oxydiren sich und ziehen sich im geschmolzenen Zustande in die poröse Masse der Kapelle. Sobald die Oberfläche des geschmolzenen Silbers oxydfrei erscheint, ist die Kupellation beendigt. Nach dem Erkalten wird das Silberkorn gewogen und daraus der Feingehalt der Legirung berechnet. Man stellt stets zwei Proben an, welche, wenn sie Gültigkeit haben sollen, bis auf $^1/_{1152}$ übereinstimmen müssen. Die Kupellation giebt den Feingehalt um $^1/_2$—2 Grän zu niedrig an.

§. 220.

Fig. 52.



Die Probe auf nassem Wege oder die Titrirmethode wurde in Folge von Beschwerden französischer Münzmeister über die durch die Kupellation ermittelten Bestimmungen des Feingehaltes im Jahre 1828 auf Veranlassung der französischen Regierung von Gay-Lussac ausfindig gemacht. Sie ist leicht auszuführen und bis auf $^1/_{2000}$ oder $^1/_{20}$ Proc. oder bis auf 0,144 Grän genau und beruht auf der Eigenschaft des Kochsalzes, das Silber aus seiner salpetersauren Lösung als Chlorsilber niederzuschlagen. Zu der Probe bereitet man eine Auflösung von 0,5427 Th. Kochsalz in 99,4573 Th. Wasser; von dieser Auflösung fällen 100 Gramme 1 Gramm Silber. Durch Auflösen von 1 Gramm Feinsilber in Salpetersäure und durch Fällen von 100 Grammen der Kochsalzlösung überzeugt man sich, ob sie die erforderliche Zusammensetzung hat. Man bringt in die Gay-Lussac'sche Bürette (Fig. 52) 100 Gramm der Kochsalzlösung. Von der zu prüfenden Legirung löst man

1 Gramm in 10 Grammen Salpetersäure von 1,178 spec. Gewicht auf und versetzt diese Auflösung mit der Kochsalzlösung, bis kein Niederschlag mehr sich bildet. Die verbrauchte Menge der Auflösung bestimmt man durch Ablesen der in Grammenvolumen oder Kubikcentimeter eingetheilten Bürette, woraus sich dann der Feingehalt der Legirung ergiebt. Betrug z. B. die verbrauchte Kochsalzlösung 90,2 Gramm, so waren in der Legirung 90,2 Procent Silber enthalten. Daß man bei dem Zusetzen der letzten Tropfen vorsichtig zu verfahren hat, bedarf kaum der Erwähnung. Zur Beförderung der Fällung des Chlorsilbers muß die Flüssigkeit durch Schütteln oder auf andere Weise bewegt werden.

Die Bürette von Gay-Lussac hat mehrere Fehler. Vor Allem ist es schwierig, das Instrument genau bis zu 0 zu füllen; es ist ferner nicht möglich, während des Gießens die Quantität der verbrauchten Flüssigkeit abzulesen rc. Diese Uebelstände hat Mohr durch seine Quetschhahnbürette (Fig. 53) beseitigt, welche eben so bequem in der Handhabung,

Fig. 53.



Fig. 54.

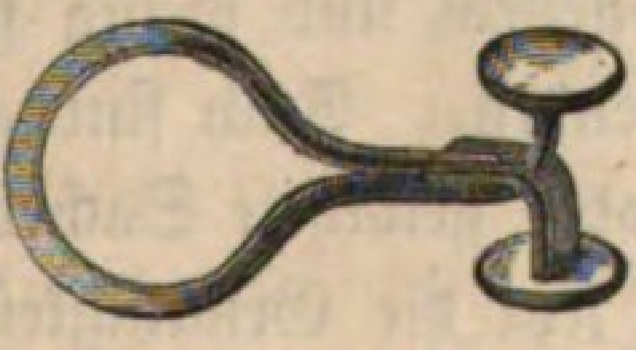
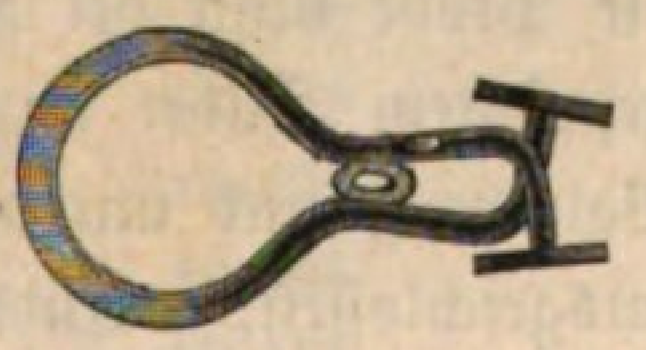


Fig. 55.



als leicht anzufertigen ist. Auf einer Holz- oder Porzellanplatte befindet sich eine eiserne Stange, welche die Bürette trägt, auf welcher die Theilung in ganze, halbe, fünftel oder zehntel Kubikcentimeter angebracht ist. An das untere etwas ausgezogene Ende der Bürette ist eine Röhre aus vulkanisirtem Kautschuk fest angebunden, und in ihr ein kleines ausgezogenes Glasröhrchen fest eingesteckt. Der mittlere Theil dieser kleinen, etwa 25 Millimeter langen Kautschukröhre wird durch den Quetschhahn geschlossen, eine Klammer aus Messingdraht, deren Enden an den entgegengesetzten Seiten unter rechten Winkeln umgebogen und mit Druckplättchen versehen sind, so daß sich die Klammer durch einen Druck auf diese Enden öffnet und nach

Willkür einen Tropfen oder einen ganzen Strahl hindurchläßt. Fig. 54 zeigt den geschlossenen, Fig. 55 den geöffneten Quetschhahn.

§. 221.

Die hydrostatische Silberprobe ist von Karmarsch in den Fällen vorgeschlagen worden, in welchen die Silberproben durch Kupellation und durch Titriren nicht zulässig sind, wie z. B. bei geprägtem Gelde. Sie soll durch bloße Bestimmung des spec. Gewichtes einer Silber-Kupferlegirung den Feingehalt angeben. Karmarsch fand, daß Kupfer und Silber sich beim Legiren ausdehnen und zwar um 0,33 Proc. beim 13löthigen, um 0,16 Proc. beim 11löthigen und um 0,25 Proc. beim 9löthigen Silber und daß ausgewalztes Feinsilber beim Prägen um 0,12 Proc. seines Volumens, 9löthiges Silber um 0,01 Proc. verdichtet wird und so die übrigen Legirungen nach Verhältniß ihres Feingehaltes. Allgemein ist daher eine Legirung um so dichter, je mehr sie dem mechanischen Drucke unterworfen war; der Grad dieser Verdichtung ist verschieden nach der Löthigkeit und compensirt die Ausdehnung beim Legiren nur zum kleinen Theil. Daher ist die Probe nicht bei gegossenem und wenig bearbeitetem, sondern nur bei geprägtem Silber anzuwenden. Auch sind größere Gegenstände durch ihr Volumen, und unreine oder gelöthete Sachen wegen der fremden Metalle ausgeschlossen. Endlich setzt die Genauigkeit der Probe die Abwesenheit von nicht silberhaltigen Theilen und streng genommen auch der weißgesottenen Oberfläche voraus. Bei geprägtem Silber weichen die berechneten Resultate von der Probe durch Kupellation selten mehr als 3 Grän $= {}^{10,4}/_{1000}$ ab.

Die empirische Regel der Bestimmung des Silbers nach der hydrostatischen Methode ist folgende: Man subtrahirt von dem gefundenen specifischen Gewichte der Legirung die Zahl 8,814, hängt dem Reste zwei Nullen an und dividirt diese Zahl, die jetzt als ganze gilt, durch 579. Der Quotient giebt den Feingehalt in Gränen an. Es sei z. B. das spec. Gewicht einer Legirung = 10,076, so ist der Feingehalt derselben = 216 Grän oder 12 Loth, denn 10,076 — 8,814 = 1,251 und 125100 : 579 = 216.

Um die Berechnung des Feingehaltes aus dem specifischen Gewichte zu ersparen, kann man sich auch nebenstehender von Karmarsch *) berechneter Tabelle bedienen, welche den dem specifischen Gewichte entsprechenden Feingehalt angiebt.

*) Die vollständige Tabelle siehe im Journal für praktische Chemie XLIII. p. 200.

Feingehalt. Loth.	Grän.	Spec. Gewicht.	Feingehalt. Loth.	Grän.	Spec. Gewicht.
10	—	9,856	13	2	10,181
10	2	9,868	13	4	10,192
10	4	9,879	13	6	10,204
10	6	9,891	13	8	10,215
10	8	9,903	13	10	10,227
10	10	9,914	13	12	10,238
10	12	9,926	13	14	10,250
10	14	9,937	13	16	10,262
10	16	9,949	14	—	10,273
11	—	9,961	14	2	10,285
11	2	9,972	14	4	10,296
11	4	9,984	14	6	10,308
11	6	9,995	14	8	10,319
11	8	10,001	14	10	10,331
11	10	10,018	14	12	10,343
11	12	10,030	14	14	10,354
11	14	10,042	14	16	10,366
11	16	10,053	15	—	10,377
12	—	10,065	15	2	10,389
12	2	10,076	15	4	10,400
12	4	10,088	15	6	10,412
12	6	10,099	15	8	10,424
12	8	10,111	15	10	10,435
12	10	10,123	15	12	10,447
12	12	10,134	15	14	10,458
12	14	10,146	15	16	10,470
12	16	10,157	16	—	10,482.
13	—	10,169			

§. 222.

Goldlegirungen.

Feingold wird sowohl seiner Weichheit wegen, als auch in Folge seines hohen Preises nicht verarbeitet; es wird nur zum Blattgold und zum Malen auf Glas oder Porzellan angewendet. Das verarbeitete Gold ist stets mit Kupfer oder mit Silber legirt; eine solche Legirung ist weit härter als feines Gold. Man berechnet die Goldlegirungen nach Karat und Grän; man theilt die Mark = $^1/_2$ Pfd. in 24 Karate, den Karat in 12 Grän. Unter 18karätigem Golde versteht man solches, welches auf die Mark 18 Karat Gold und 6 Karat Kupfer oder Silber enthält. In Frankreich, Belgien und einem Theile von Italien drückt man ebenso wie beim Silber den Feingehalt in Tausendtheilen aus, demnach ist z. B. Gold von 0,840 solches, das in 1000 Theilen 840 Gold und 160 Zusatz hat. Man unterscheidet

rothe Karatirung, wenn nur Kupfer zugesetzt ist, weiße Karatirung, wenn die Beimischung aus Silber, und gemischte Karatirung, wenn die Beimischung aus Silber und Kupfer besteht. In den meisten deutschen Ländern verwendet man zu den besseren Arbeiten 14karätiges, auch wohl 18karätiges Gold, zu den ordinären Gegenständen wendet man 6karätiges (Joujougold) und selbst $2^1/_2$ karätiges an, in welchem Falle die Farbe der Legirung durch Vergoldung aufgebessert wird. Das Dukatengold ist $23^1/_2$ — $23^2/_3$ karätig. Gold von dem zur Verarbeitung gesetzlich vorgeschriebenen Feingehalt heißt Probegold (or au titre, *standard gold*). In Oesterreich verarbeitet man Gold von 7 Karat 10 Grän ($^{326}/_{1000}$), 13 Karat 1 Grän ($^{545}/_{1000}$), 18 Karat 5 Grän ($^{767}/_{1000}$), in Frankreich und Belgien von 22 Karat 0,96 Grän ($^{920}/_{1000}$ Nr. 1), 20 Karat 1,92 Grän ($^{840}/_{1000}$ Nr. 2), 18 Karat ($^{750}/_{1000}$ Nr. 3), in England von 22 Karat ($^{9166}/_{10000}$). Zu Verzierungen auf Goldarbeiten wendet man besondere Goldlegirungen an; so erhält man grünes Gold (or vert) aus 2—3 Th. Gold und 1 Th. Silber, blaß messinggelbes Gold aus 1 Th. Gold und 2 Th. Silber, blaßrothes aus 3 Th. Gold, 1 Th. Kupfer und 1 Th. Silber, hochrothes aus gleichen Theilen Kupfer und Gold rc.

In England ist die Beobachtung, daß Gold von 12 Karat Gehalt und weniger, mit Zink statt Silber legirt, die Farbe gewisser durch das Gesetz vorgeschriebener Gold-Silberlegirungen hat, vielfach betrügerisch gemißbraucht worden.

Die Herstellung der Legirung geschieht in Graphittiegeln im Essen- oder Windofenfeuer. Da nur sehr selten ganz reines Gold zu legiren ist, so wird das richtige Verhältniß in der Regel durch Zusammenschmelzen von besserem Golde mit geringhaltigem, oder auch nur mit Silber und Kupfer erreicht.

§. 223.

Goldprobe.

Um den Feingehalt einer Legirung zu ermitteln, bedienen sich die Goldarbeiter des Probirsteines (Seite 215) und behandeln den Strich mit verdünntem Königswasser, um aus dem Verschwinden oder Unverändertbleiben einen Schluß auf den Goldgehalt zu ziehen. Es liegt auf der Hand, daß die Probe, die überhaupt nur für Gold von mindestens 8 Karat Feingehalt Anwendung finden kann, nur annähernde Resultate zu liefern im Stande ist. Am besten nimmt man die Probe durch Kupellation (vgl. Seite 215) vor. Zu diesem Zwecke schmilzt man das goldhaltige Korn, je nachdem es

eine tiefgelbe, lichtgelbe oder weiße Farbe besitzt, mit der dreifachen, doppelten oder gleichen Gewichtsmenge Silber und mit dem zehnfachen Gewicht Blei zusammen. Nach dem Einschmelzen wird die Legirung auf der Kapelle abgetrieben, das zurückbleibende Korn von Goldsilber zu einem dünnen Blech ausgewalzt und das Blech mit Salpetersäure digerirt. Das in Gestalt des Bleches zurückgebliebene poröse Gold wird gut ausgewaschen, getrocknet, geglüht und gewogen.

Dritter Abschnitt.

§. 224.

Die Metallgießerei.

In dem Gießen (couler, fondre, *cast*) der Metalle hat man ein sehr wichtiges und häufig angewendetes Mittel, denselben diejenige Form zu geben, welche ihr Gebrauch sowohl in der Technik, als auch zu Zwecken des gewöhnlichen Lebens erfordert. Die Methode, mit flüssigem Metall eine bestimmte Form (Gießform, moule, *mould*) auszufüllen, und so nach dem Erstarren mit geringer Mühe und verhältnißmäßig wenig Kosten Gegenstände von beliebiger Form zu erzeugen, ist so wenig complicirt, daß sie, wenn es nur sonst die Umstände erlauben, einem jeden anderen, ein gleiches Resultat liefernden technischen Processe vorzuziehen ist. Nur wenn das Metall einen zu hohen Schmelzpunkt hat, wie z. B. das Platin und das Schmiedeeisen, oder im Gusse leicht eine fehlerhafte Beschaffenheit annimmt, wie das Kupfer, oder endlich, wenn der herzustellende Gegenstand so dünn oder so zart ist, daß durch den Guß eine vollkommene Herstellung nicht möglich erscheint, steht die Gießerei anderen Methoden der Bearbeitung nach.

Zur Ausführung eines Gusses (Gußstückes) gehört dreierlei, nämlich 1) ein geeignetes Metall, 2) eine passende Vorbereitung dieses Metalles, 3) die Gießform.

Zur Herstellung von Gußwaaren eignen sich alle diejenigen Metalle, welche einen nicht zu hohen Schmelzpunkt haben und nach dem Erstarren die Gießform vollständig ausfüllen, ohne dabei porös und blasig zu werden. Diese Bedingungen erfüllen nur folgende Metalle und Legirungen:

Gußeisen, das wichtigste Gießmaterial, welches bei billigem Preise die Formen vollständig erfüllt und große Festigkeit besitzt;

die Kupfer-Zinklegirungen (Messing und Rothmetall oder Tombak), die schon in der Rothglühhitze schmelzen und einen festen, aber auch kostspieligen Guß liefern;

die Bronze, welche je nach ihrer Zusammensetzung sich durch Härte und Zähigkeit, oder durch Dünnflüssigkeit, in deren Folge sie sich zu fein ausgebildeten Güssen besonders eignet, auszeichnet;

das Zink, schon vor der Glühhitze schmelzend, ist ein vortreffliches Material zum Gießen. Die Vortheile des Zinkgusses vor dem Bronzeguß lassen sich in folgender Weise ausdrücken: die Wohlfeilheit der Producte steht obenan; die Witterungsbeständigkeit ist außer Zweifel gestellt; die Bildsamkeit des Metalles, die Reinheit und Schärfe des Gusses haben sich auf das entschiedenste bewährt. Der in der Regel meist zehnmal theuerere Bronzeguß findet dort, wo es nicht auf monumentale Arbeiten ankommt, namentlich bei Ornamenten, einen genügenden Ersatz. Die Zinkgüsse sind äußerst spröde;

das Zinn ist zu Gußwaaren weniger geeignet als eine Legirung von Zinn und Blei, oder von Zinn, Blei und Antimon (Britanniametall);

das Blei wird, ungeachtet seines niederen Schmelzpunktes, wegen seiner geringen Festigkeit und großen Weichheit selten zur Herstellung von Gußwaaren angewendet; mit Antimon legirt, nimmt es größere Härte an und füllt die Formen sehr vollständig aus;

Silber und Gold finden ihres Preises wegen nur wenig Anwendung zu Gußwaaren.

Die Fähigkeit eines Metalles, in alle Vertiefungen der Form einzudringen und einen getreuen und scharfen Abguß zu liefern, beruht auf der Dünnflüssigkeit und auf dem Verhalten des Metalles beim Erstarren und Abkühlen. Vor und nach dem Erstarren findet ein Zusammenziehen statt, das um so größer ist, je höher der Schmelzpunkt des Metalles liegt. Im Augenblick des Erstarrens selbst erleidet in Folge einer Andersgruppirung der Moleküle das Volumen eine abermalige Veränderung, und zwar findet beim Roheisen und beim Zink eine Vergrößerung, bei allen übrigen, in der Gießerei angewendeten Metallen eine Verminderung des Volumens statt. Darin liegt der Grund, daß Eisen- und Zinkgüsse durch große Schärfe sich auszeichnen, während die beim Festwerden ihr Volumen vermindernden Metalle stumpfe und unvollständige Abdrücke der Form liefern. Die Ausdehnung, welche das Eisen und Zink beim Erstarren erleiden, ist jedoch geringer als die Zusammenziehung während des Abkühlens, daher denn ein Eisen- oder Zinkguß nach dem Erkalten stets etwas kleiner ist, als die Form. Auf das Schwinden (retraite, *contraction*) ist Rücksicht zu nehmen, wenn das Gußstück genau bestimmte Dimensionen haben muß, wie es z. B. bei Maschinentheilen aus Gußeisen der Fall ist. Der Betrag des Schwindens oder das Schwindmaß ist von der Größe der Gußstücke, der größeren oder geringeren Ueberhitzung des Metalles beim Schmelzen und des Wärme-

leitungsvermögens der Gußform abhängig. Im Durchschnitt beträgt das Schwindmaß

	linear	im Kubikinhalte
bei Gußeisen	1/96	1/32
„ Messing	1/64	1/22
„ Kanonenmetall	1/130	1/44
„ Statuenbronze	1/77	1/26
„ Zinn	1/146	1/49
„ Blei	1/92	1/31.

Von dem Schwinden ist wohl zu unterscheiden das Saugen, welches nicht nur die Größe, sondern auch die Form des Gußstückes verändert. Man versteht darunter in Folge örtlicher stärkerer Contraction das Erstarren mit concaven Flächen und stumpfen Ecken. Es findet besonders beim weißen Roheisen statt. Das Sichkrümmen eines Gußstückes durch zu rasche und ungleichmäßige Abkühlung heißt das Sichwerfen oder Sichverziehen (se déjeter, *distorting*).

§. 225.

Die Vorbereitung des Metalles zum Gießen besteht in dem Schmelzen und dem Ueberhitzen des geschmolzenen Metalles, welche Operation theils in Tiegeln, theils in Kesseln und Oefen vorgenommen wird. Vor dem Gießen in die Form sind von der Oberfläche des geschmolzenen Metalles alle von Oxyd oder Schlacke herrührende Unreinigkeiten zu entfernen. Das Vollfüllen der Gußform geschieht ohne abzusetzen; eine jede Unterbrechung hat gewöhnlich zur Folge, daß das später nachfließende Metall sich mit dem schon vorhandenen nicht vollständig vereinigt und ein sogenannter Kaltguß sich erzeugt, der durch Hammerschläge 2c. leicht auseinander geht.

Die Gießform muß folgende Eigenschaften besitzen:

1) sie muß dauerhaft sein, daß sie den Guß aushält, ohne durch das Gewicht des eingegossenen Metalles zertrümmert oder durch dessen Hitze beschädigt oder zerstört zu werden;

2) sie muß die erforderliche Schärfe in der Ausführung der Umrisse, Verzierungen und dergleichen besitzen, damit der Guß so ausfällt, daß die Nacharbeit (Feilen, Ciseliren, Abdrehen) möglichst gering sei;

3) das flüssige Metall darf durch das Formmaterial nicht zu schnell abgekühlt werden, damit es im Stande sei, vor dem Erstarren alle und selbst die entferntesten Theile der Form auszufüllen. Die Form muß deshalb aus schlechten Wärmeleitern bestehen, oder sie muß vor dem Eingießen des Metalles erwärmt werden;

4) es darf kein Adhäriren des Metalles an die Form stattfinden. Man

pflegt deshalb die inneren Flächen derselben mit einem Pulver (Kohlenpulver, Ruß, Kreide, Thon) zu überziehen;

5) es muß der gegossene Gegenstand leicht aus der Form entfernt werden können; zu dem Ende besteht die Form entweder aus einem zerbrechlichen Material, welches nach vollendetem Gusse zerstört wird, oder sie besteht aus mehreren Theilen, die, wo sie an einander schließen, auf der Oberfläche des Gusses die sogenannte Gußnath (bavure, *seam*) erzeugen;

6) damit die in der Form enthaltene Luft das Eindringen des flüssigen Metalles nicht verhindere, ist die Form häufig mit eigenen Kanälen, den sogenannten Windpfeifen (évents, *air holes*) versehen, durch welche die Luft entweicht. Bei porösen (z. B. Sandformen) oder solchen Formen, deren Fugen der Luft genügenden Austritt gestatten, sind die Windpfeifen überflüssig;

7) damit das flüssige Metall in der kürzesten Zeit die Form in allen ihren Theilen vollständig ausfülle, muß der Einguß (jet, *tedge*, *runner*) an der passenden Stelle, in allen Fällen höher als der höchste Punkt der Form liegen; er zweigt sich oft in zwei oder mehrere Gußröhren (coulées, *sprays*) ab, die nach verschiedenen Stellen führen und demnach das Anfüllen der Form beschleunigen. Man pflegt dem Eingusse die Gestalt eines langen Kanales zu geben, damit die in dem Eingusse befindliche Metallsäule durch ihren Druck zur Ausfüllung der Form beitrage. Das Metall im Eingusse heißt der Gußzapfen oder Gießkopf (jet, masselotte, *runner*).

Die Materialien, die zur Herstellung der Gießformen Anwendung finden, sind entweder Sand und Lehm, Metalle, Steine, in einzelnen Fällen auch Holz und Papier. Die aus Sand und Lehm hergestellten Formen sind nur zu einem einzigen Gusse brauchbar und heißen verlorne Formen, die metallenen Formen dagegen heißen bleibende oder gute Formen. Die Anfertigung der verlornen Formen für jeden gegebenen Gegenstand lehrt die Formerei, als ein und zwar der wichtigste und schwierigste Theil der Gießerei.

§. 226.

Die Eisengießerei.

Das Gießen des Roheisens findet entweder unmittelbar aus dem Hohofen (Hohofenguß) statt, oder es wird das Roheisen vorher noch umgeschmolzen (Umschmelzbetrieb). Der Hohofenguß ist nur zulässig, wo größere Artikel in hinreichender Menge, um den Ofen dauernd zu beschäftigen, gegossen werden und zugleich die zu verschmelzenden Eisenerze diejenige Roheisensorte geben, welche der Bestimmung der herzustellenden Gegenstände entspricht. Der Umschmelzbetrieb wird nothwendig, sobald der Hohofen die erforderliche Roheisensorte nicht ohne Störung des Betriebes in genügender

Menge liefern kann; er gewährt auch außerdem im Vergleiche mit dem Hohofenbetriebe entschiedene Vortheile, indem mit seiner Hülfe allein alle Roheisensorten, welche zur Herstellung der verschiedenen Eisengußwaaren erforderlich sind, mit einiger Sicherheit und zu jeder Zeit angewendet werden können. Die Schwankungen in der Zusammensetzung der Eisenerze und der Kohlen, die beim Hohofenbetriebe oft sehr nachtheilig einwirken, sind auf ihn ohne Einfluß. Es lassen sich beliebig große und kleine Stücke gießen. Endlich ist man unabhängig in der Wahl des Ortes der Anlage der Gießerei, die gewöhnlich mit einer Maschinenbauanstalt verbunden ist.

Die Eisengießerei bietet ein interessantes Beispiel, welche bedeutende Steigerung der Werth des Rohmaterials durch die Verarbeitung erhalten kann; es lassen sich gewisse Eisengußwaaren in solcher Feinheit und Leichtigkeit herstellen, daß von den kleinsten Artikeln nahe an 10,000 Stück auf ein Pfund gehen. Mit dem Grade der Feinheit nimmt auch der Preis zu und zwar bei gröberen Artikeln des Feingusses um das 1100 und bei den feinsten um das 9827fache. In der That ein schlagender Beleg dafür, wie sich aus Eisen und Arbeit unter günstigen Umständen Gold machen läßt.

Das Umschmelzen des Roheisens geschieht auf dreierlei Weise. Für kleinere Gegenstände wendet man zum Umschmelzen Thon- oder Graphittiegel (creusets, *crucibles*), für größere Schachtöfen (Kupoloöfen, fourneau à coupole, *coupolo furnace*), für sehr große Flammenöfen (fourneau à reverbère, *reverberatory furnace*) an. In den Tiegeln wird das Eisen am wenigsten, nicht merklich auch im Kupoloofen, am meisten aber im Flammenofen verändert. Von den Roheisensorten zieht man das hellgraue, feinkörnige und das halbirte Roheisen allen übrigen Eisensorten vor.

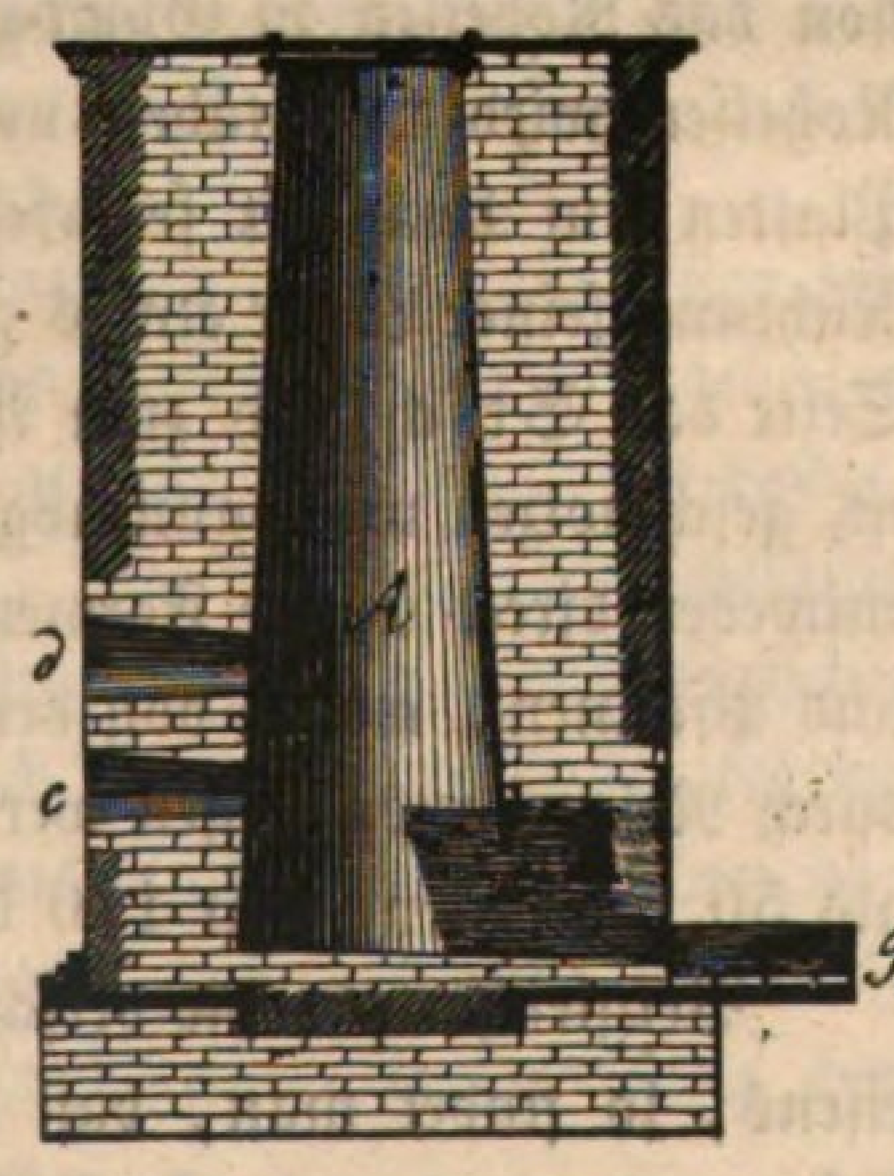
Das Umschmelzen in Tiegeln. Man wendet sowohl feuerfeste Thontiegel, als auch Graphittiegel an. Weil die Tiegel mit Deckeln versehen sind, so wird das Eisen während des Schmelzens in seiner Beschaffenheit wenig verändert. Die Tiegel werden in kleine Zugöfen gesetzt, und das Eisen möglichst schnell niedergeschmolzen. Gewöhnlich schmilzt man in einem Tiegel nur 5 — 8 Pfund Eisen. Der Roheisenverlust beim Umschmelzen in Tiegeln beträgt 15—35 Proc. und wird nicht sowohl durch die Arbeit des Umschmelzens, als vielmehr durch mechanisches Verzetteln der Eisenkörnchen und durch die Eingüsse bei den Gießformen veranlaßt.

§. 227.

Das Verschmelzen in Schachtöfen. Obgleich hierbei das schmelzende Roheisen der unmittelbaren Einwirkung der Kohle ausgesetzt ist,

so geht doch die Schmelzung so rasch vor sich, daß das Eisen keine Kohle aufnimmt. Zu Anfange des vorigen Jahrhunderts gab es nur noch sehr unvollkommene Vorrichtungen, um das Eisen in kleinen, tiegelartigen Schachtöfen niederzuschmelzen. Diese kleinen Oefen waren im Anfange nur 16 Zoll hoch, durch die Anwendung von Holzkohlen wurde die Höhe nach und nach bis auf 16 Fuß vergrößert. Durch die Anwendung der Koks ward eine Verminderung der Schachthöhe möglich. Die eigentlichen Schächte, in denen das Schmelzen stattfand, werden meist durch einen eisernen Mantel zusammengehalten. Nach der älteren Methode wird der ganze Ofen nach erfolgtem Schmelzen des Eisens umgestürzt, um auf diese Weise das geschmolzene Eisen in die Formen zu gießen. Der Ofen schwebt durch eine künstliche Vorrichtung auf Zapfen aufgehängt und wird beim Ablassen des geschmolzenen Eisens gegen den Horizont geneigt. Man nennt derartige Oefen Senk- oder Sturzöfen. Sie sind gegenwärtig nicht mehr im Gebrauche. Gegenwärtig benutzt man allgemein den Kupoloofen (Fig. 56). Er besteht aus einem cylindrischen Schachtofen von 8—10 Fuß Höhe, in welchen man durch die Gicht das Roheisen und das Brennmaterial (Holzkohlen oder Koks) schichtenweise in den Schacht einträgt; die Oeffnungen c und d dienen zur Einführung der Düsen des Gebläses. Die nach der Rinne B führende Oeffnung ist während des Schmelzens verschlossen; sobald das geschmolzene Eisen die Oeffnung c erreicht hat, wird dieselbe vermittelst Thon verschlossen und die zuerst in c befindliche Düse in die Oeffnung d gelegt. Der Schacht ist aus feuerfesten Steinen aufgemauert oder aus feuerfestem Sande aufgestampft und in der Regel mit einem eisernen, runden oder sechseckigen Mantel versehen. Zwischen dem Gemäuer und den Eisenplatten ist ein Zwischenraum, welcher mit einem schlechten Wärmeleiter (Schutt, Asche, Ziegelstücken) angefüllt ist. Sind kleinere Gegenstände zu gießen, so läßt man von Zeit zu Zeit das geschmolzene Eisen durch die Rinne B entweder unmittelbar in die Formen oder in eiserne, inwendig mit Thon verschmierte Pfannen fließen, die mit einem Ausgusse und mit Vorrichtungen zum Transport versehen sind. Der Abgang beim Umschmelzen in dem Kupoloofen richtet sich nach der Roheisensorte, dem Brennmaterial und dem Ofengange, und beträgt 3—5,5 Proc., im ungünstigsten Falle 12, 15—25 Proc.

Fig. 56.



Da man beim Kupoloofenbetriebe bei der Verbrennung des Brennmaterials hauptsächlich der höheren Temperatur wegen Kohlensäure und nicht Kohlenoxydgas erzeugen will (bei der Bildung von Kohlensäure beträgt die Temperatur 2450° C., bei der Bildung von Kohlenoxyd nur 1300°), so wählt man ein Brennmaterial, welches zu Kohlensäure verbrennt und wenig geneigt ist, die Kohlensäure zu Kohlenoxyd zu reduciren, wodurch die Temperatur im Schmelzraume erniedrigt werden würde. Als solches verdienen die dichten Koks vor den Holzkohlen den Vorzug.

Das Umschmelzen in Flammenöfen unterscheidet sich von dem Umschmelzen im Kupoloofen dadurch, daß während bei letzterem das Eisen in unmittelbarer Berührung mit der glühenden Kohle steht, im Flammenofen das unverkohlte Brennmaterial isolirt verbrennt und nur die brennenden Gase, die Flamme, über das Eisen hinstreichen. Da das Eisen im Flammenofen der Einwirkung der Luft niemals vollständig entzogen werden kann, so muß sich stets während des Umschmelzens die Qualität des Eisens ändern. Je schneller das Eisen geschmolzen wird, desto weniger wird sein Kohlegehalt abnehmen. Indem alle Roheisensorten durch das Umschmelzen Kohle verlieren, gewinnen sie zugleich an Weichheit und Festigkeit; dabei ist aber zu berücksichtigen, daß durch eine zu weit getriebene Entkohlung und durch theilweise Oxydation das Roheisen zu Gußwaaren untauglich wird. Das umzuschmelzende Roheisen wird in Stäben von 3—4 Quadratzoll Stärke oder in dünnen Platten auf dem mit feuerfestem Sand bedeckten Schmelzherde, der in der Richtung seiner Länge etwas geneigt ist und an dessen tieferliegenden schmalen Seite das Stichloch zum Abstechen des umgeschmolzenen Eisens befindlich ist, geschmolzen und dann abgestochen. Aus dem Stichloche läuft das Eisen entweder direct in die Formen, oder man füllt damit lehmbestrichene Kellen und Pfannen, welche von den Arbeitern zu den Formen getragen, und dort durch Neigen ausgegossen werden. In einem Flammenofen lassen sich mehr als 50, zuweilen sogar 120 Ctr. Roheisen auf einmal umschmelzen.

Vergleicht man die verschiedenen Methoden zum Umschmelzen des Roheisens, so findet man, daß das Tiegelschmelzen zwar die größten Betriebskosten, aber das geringste Anlagekapital erfordert, jedoch nur bei Gießereien, die kleine Gegenstände, namentlich Bijouteriewaaren anzufertigen haben, anwendbar ist. Der Kupoloofenbetrieb erfordert bewegende Kräfte für die Gebläse und ist für schwere und große Gußwaaren unzureichend, ebenso zu Gegenständen, welche neben großer Härte auch Festigkeit haben müssen. Das Umschmelzen in Flammenöfen erfordert hohe und kostspielige Schornsteine und feuerfestes Mauermaterial; es liefert aber auch dafür ein Eisen von besonderer Festigkeit, welches für den Geschützguß vorzüglich geeignet ist.

§. 228.

Formerei. Die richtige Beschaffenheit der Formmasse ist für das Gelingen des Gusses von großer Wichtigkeit. Hauptanforderung an die Formmasse ist, daß sie bei der Temperatur des geschmolzenen Roheisens nicht schmilzt und beim Gusse keine Gase entwickelt oder diesen doch wenigstens einen anderen Abzug gestattet, als durch das geschmolzene Eisen, weil außerdem der Guß porös und blasig ausfällt. Ein Schmelzen der Formmasse ist bei sehr eisenhaltigem Sande und sehr kalkhaltigem Thone zu befürchten, daher die Anwendung solcher Materialien als Formmaterial zu vermeiden ist. Eine Gasentwickelung während des Gusses kann stattfinden 1) durch Feuchtigkeit, welche in der Form trotz scharfem Trocknen und Glühen stets zurückbleibt und sich bei höherer Temperatur theils in Gestalt von Wasserdämpfen verflüchtigt, theils auch durch das kohlehaltige Roheisen in der Weise zersetzt wird, daß sich Kohlenwasserstoffgas bildet, welches an der Luft mit der bei jedem größeren Eisengusse sichtbaren, bläulichweißen Flamme brennt, 2) durch Entwickelung von Kohlensäuregas, wenn ein mergelartiger Lehm als Formmaterial angewendet wurde, 3) durch gasförmige Producte der trocknen Destillation organischer Substanzen, die sich dem Lehm oder Thon natürlich beigemengt finden oder der Masse absichtlich zugesetzt werden.

Als Formmaterial wendet man an:

1) Sand (sable à mouler, *moulding sand*) und zwar am besten den aus zerfallenem Sandstein gebildeten, der frei von allen lettigen Bestandtheilen sich mager anfühlt, mit Wasser gemengt aber genügende Bildsamkeit besitzt. Flußsand besitzt in der Regel keine Bindekraft, thonhaltiger Sand gestattet den sich entwickelnden Gasen nicht schnell genug Abzug. Wo natürlicher Formsand mangelt, stellt man ihn künstlich durch Mengen von 93 Th. feinem Streusand, 2 Th. rothem Ocker und 5 Th. möglichst kalkfreiem Thon dar (Elsner). Avery empfiehlt ein Gemenge von 1 Th. blauem Thon mit 9 Th. gewöhnlichem feinem Sand. Die mechanische Vorbereitung des Sandes besteht in einem Zerkleinern und Sieben.

2) Masse, fetter Sand, welcher entweder natürlich sich findet oder aus magerem Thon und Sand zusammengesetzt ist. Das passendste Verhältniß von Sand und Thon zu finden, ist die eigentliche Kunst des Formers.

3) Lehm, 4) Gußeisen, 5) Kokspulver, welches man der Masse zusetzt, die dadurch allerdings weniger bindend wird, aber die Eigenschaft erlangt, die Wärme minder schnell abzuleiten und dem Gußstücke eine

glattere Oberfläche zu verleihen, 6) Kohlenpulver, in neuester Zeit auch Kartoffelstärke, zum Bestäuben der Formen.

§. 229.

Das Formen geschieht über Modelle (modèle, *pattern*, *foundry pattern*), welche dem durch den Eisenguß herzustellenden Gegenstand an Gestalt und Größe mit Berücksichtigung des Schwindens gleich sind. Die Modelle sind

1) von Holz, die zwar billig herzustellen sind, aber keine scharfen Abgüsse liefern; sie werden aus gut ausgetrocknetem, politurfähigem Holze gefertigt und sind auf der Oberfläche mit Lack überzogen;

2) von Metall (Eisen, Messing, Zink, Blei, Zinn), wenn sie zu einem stehenden Artikel gehören, dessen Gestalt unabänderlich für zahlreiche Güsse beibehalten werden soll, wie es z. B. bei der Herstellung der Geschütze, der Töpfe bei dem Poteriegußꝛc. der Fall ist; das ursprüngliche Modell wird in der Regel aus Holz, in einzelnen Fällen auch aus gebranntem Thon, Gyps, Wachs ꝛc. angefertigt.

Um das Gewicht eines aus Eisen zu gießenden Gegenstandes nach dem Gewicht des Modelles zu ermitteln, multiplicirt man das Gewicht eines Modelles

von	Tannenholz	mit	14
„	Eichenholz	„	9
„	Buchenholz	„	9,7
„	Birkenholz	„	13,4
„	Erlenholz	„	12,8
„	Messing	„	0,84
„	Zink	„	1
„	Zinn	„	0,89
„	Blei	„	0,64
„	Gußeisen	„	0,97.

3) von Wachs; sie finden Anwendung bei künstlichen Verzierungen, Büsten und Statuen, welche nach der gewöhnlichen Methode nur schwierig zu formen sind; sie werden nach vorhandenen Mustern in Gyps und aus den Gypsformen in Wachs gegossen. Die Wachsgüsse werden mit Thonmasse überkleidet und darauf mit Vorsicht ausgeschmolzen, wodurch die Form entsteht.

Unweit des Ofenherdes befindet sich die in der Hüttensohle ausgegrabene, ausgemauerte oder mit eisernen Platten bekleidete Dammgrube, welche zur Aufnahme von großen, in vertikaler oder geneigter Lage abzugießenden Gegenständen bestimmt ist. Nachdem die Form in die Dammgrube ein-

gesenkt ist, wird sie häufig noch mit Sand umdämmt und mit Gewichten beschwert, damit sie durch das geschmolzene Eisen nicht gehoben werde. Bei einer derartigen Zurichtung sind nur die Eingüsse und die Windpfeifen sichtbar. Vor die Ausgangslöcher der Windpfeifen hält man während des Gießens brennendes Stroh, damit das durch Wasserzersetzung entstandene Kohlenwasserstoffgas (vergl. Seite 229) verbrenne, außerdem könnte eine Explosion stattfinden, welche theils die Form beschädigen, theils das geschmolzene Eisen umherschleudern würde. Der Einguß ist entweder so angebracht, daß die Form von oben gefüllt wird, oder nach dem Princip der communicirenden Röhren in der Weise, daß das geschmolzene Eisen durch einen Kanal von unten in die Form tritt und durch Aufsteigen dieselbe füllt (Gießen mit Steigrohr, couler à cale).

§. 230.

Je nach dem Formmaterial und den verschiedenen Verfahrungsarten, die man anwendet, um vortheilhafte und gelungene Güsse zu erzielen, unterscheidet man

1) Sandguß in Formen von magerem Sand; bei Gegenständen, die auf der einen Seite eben sind, wendet man den Herdguß an, d. h. man gießt auf einem Theile der Hüttensohle, der mit Formsand bedeckt ist; in diesen Formsand ist das Modell so eingedrückt, daß dessen Oberfläche horizontal ist. Wo ein einfaches Ausheben des Modelles wie bei dem Herdguß nicht möglich ist, wendet man den Kastenguß an;

2) Masseguß in Formen aus einem Gemenge von Sand und Lehm, Masse genannt;

3) Lehmguß in Formen aus Lehm;

4) Schalenguß in Formen aus Gußeisen.

§. 231.

Der Sandguß.

Der Sandguß (moulage en sable, *sand-moulding*) zerfällt, wie schon angeführt:

1) in den Herdguß (moulage à decouvert, *open sand-moulding*),

2) in den Kasten- oder Ladenguß (moulage en châssis, *sand-moulding between flasks*).

Der Herdguß ist die einfachste Art des Gusses. Es wird der scharf getrocknete, mit Kohle- oder Kokspulver gemengte Formsand auf dem Herde, d. i. einen Theil der Hüttensohle, der aufgestochen und dessen Oberfläche mit dem Richtscheite und der Setzwage vollkommen horizontal gemacht worden ist, ausgebreitet. In den Formsand wird das Modell so eingedrückt, daß dessen

Oberfläche horizontal ist; darauf wird um das Modell so viel Formsand gestampft, daß die Oberfläche des Modelles mit dem Formsand eine Ebene bildet, und eine Rinne zu dem Modell geleitet, durch welche das geschmolzene Eisen nach der Form fließt. Nachdem das Modell aus der Form entfernt ist, wird letztere mit Kohlenstaub oder auch Kartoffelstärke überpudert, um das Anschmelzen von Sandkörnern an das Eisen zu verhindern. Nachdem die Form mit Eisen angefüllt ist und dieses zu erstarren beginnt, bedeckt man das Gußstück mit Kohlenstaub und Sand, um sowohl Oxydation, als auch ein Verziehen in Folge zu schneller Abkühlung, welche außerdem den Guß spröde machen würde, zu verhindern. Beispiele für diesen offenen Herdguß liefert das Gießen von Ofenplatten und Platten überhaupt, Rädern, Gittern, Maßstäben ꝛc. Bei Gegenständen, die auf der oberen Seite Verzierungen erhalten sollen, wendet man den verdeckten Herdguß an, welcher darin besteht, daß man eine Eisenplatte, welche die Verzierungen enthält, zuerst mit Lehm und nachdem diese getrocknet, mit einem Gemenge von Lehm und Kohlenpulver überzieht; mit dieser Platte bedeckt man die Form, so daß das einfließende Eisen bis an die Lehmfläche steigt.

§. 232.

Der Kasten- oder Ladenguß, wobei der Sand in Behältnisse (Formkasten, Formladen, châssis, *flasks*) eingeschlossen ist, so daß transportable Formen entstehen, welche in besonderen Lokalen gefertigt und dann in die Gießerei geschafft werden können, wird bei allen solchen Gegenständen angewendet, wo ein einfaches Ausheben des Modelles, wie bei dem Herdguß, nicht ausführbar ist. Für viele Gegenstände besteht der Kasten aus zwei Theilen und zwar häufig nur aus zwei oder drei gußeisernen Rahmen, welche auf einander gesetzt werden (Oberkasten, *top flask;* Mittelkasten, *middle flask;* Unter- oder Bodenkasten, *bottom flask*). An dem einen Kasten A (Fig. 57) befinden sich Lappen mit runden Löchern a a, an dem anderen B sind Lappen mit Spitzen b b angegossen, welche genau in die Löcher a a passen. Der Rahmen B wird mit Formsand, welcher etwas fetter sein muß, als bei dem Herdguß, vollgestampft. Darauf werden die Metalle und die Stange für die Gußrinne eingedrückt, die Oberfläche des Sandes mit der Kante des Rahmens gleichgemacht und mit feinem Sande überpudert. Sodann wird der Rahmen B aufgesetzt,

Fig. 57.



ebenfalls voll Formsand gestampft und dann wieder abgenommen. Die hervorragenden Theile der Modelle befinden sich nun im Sand des Rahmens abgedrückt, welcher in Folge der dazwischen befindlichen feinen Sandschicht nicht an den Sand des Bodenkastens anklebt. Nachdem von der Hauptrinne c kleine Rinnen nach allen Modellen eingeschnitten, die Modelle entfernt, die Formen ausgeputzt und die Kasten zusammengesetzt worden sind, stellt man den Kasten senkrecht und läßt durch den Einguß g das geschmolzene Eisen einströmen.

Soll der Gegenstand hohl werden, so wird die Höhlung durch einen Kern gebildet, welcher nach dem Erkalten entfernt wird. Es solle z. B. ein Topf in Formsand gegossen werden. Das dazu gehörige Modell besteht aus zwei genau an einander passenden Theilen. Man stellt dieses Modell auf das Modellbrett C (Fig. 58) und um dasselbe herum die beiden Hälften D E des Formkastens. An diese Hälften ist ein Eisenblech a befestigt, das genau nach den Contouren des Topfes ausgeschnitten ist und daher beim Zusammenstellen der beiden Hälften das Modell berührt. Nun wird der Form-

Fig. 58.

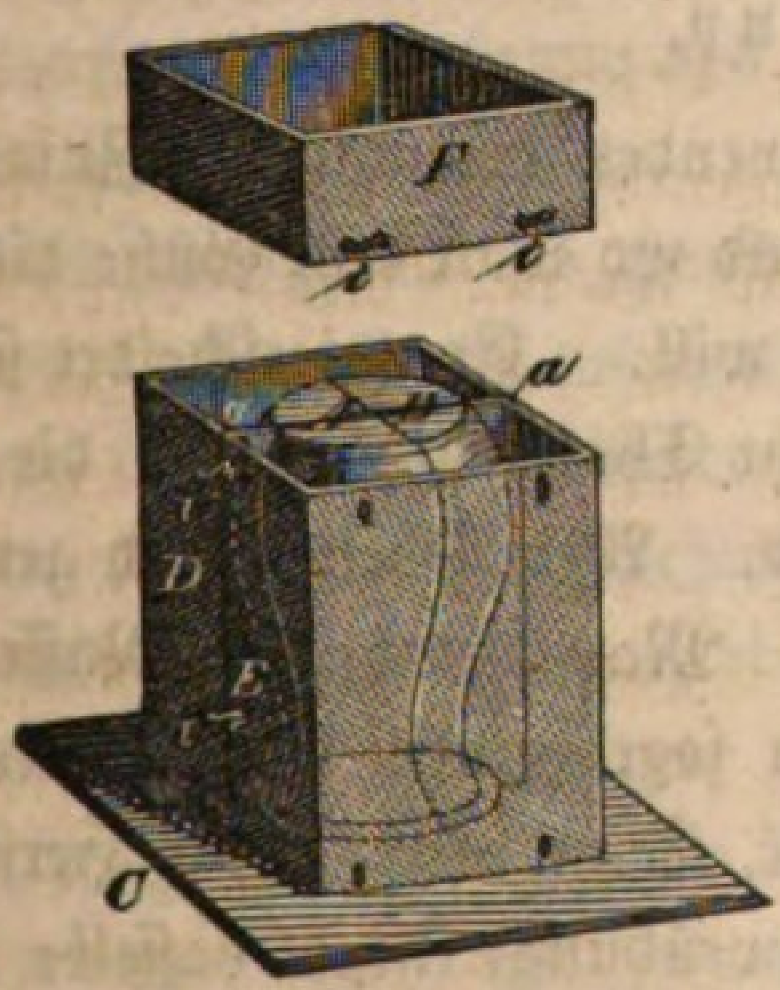
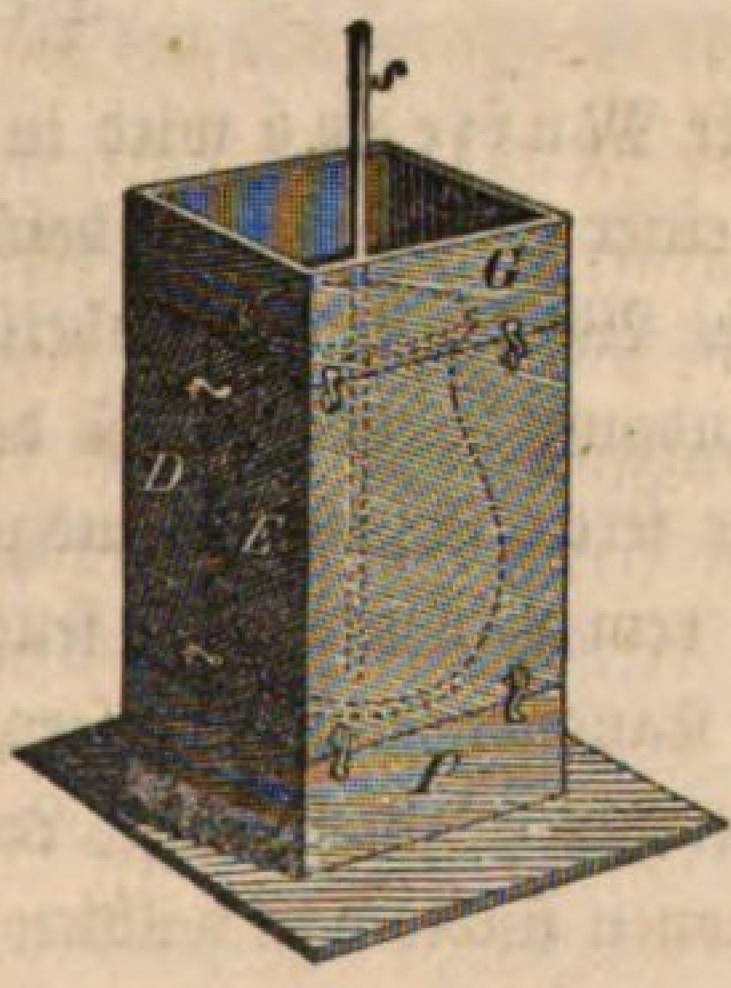


Fig. 59.



kasten voll Formsand gestampft, die Oberfläche desselben geebnet und mit feinem Sand bestreut, darüber der Kasten F gestellt, vermittelst der Haken i befestigt und gleichfalls mit Formsand angefüllt. Darauf wird der Kasten umgekehrt; der Topf mit Formsand festgestampft, die Oberfläche desselben geebnet und mit Sand bestreut und darauf der Kasten G (Fig. 59) gebracht, der auch mit Sand angefüllt wird. In den Topf wurde vorher die Stange s gebracht, damit durch den durch die Stange sich bildenden Kanal die während des Gießens sich bildenden Gase entweichen können. Der Kasten wird nun wieder umgekehrt, ein Keil r (Fig. 60) bis auf das Modell des Topfes hineingedrückt und sogleich wieder herausgenommen. Darauf wird F entfernt,

Fig. 60.

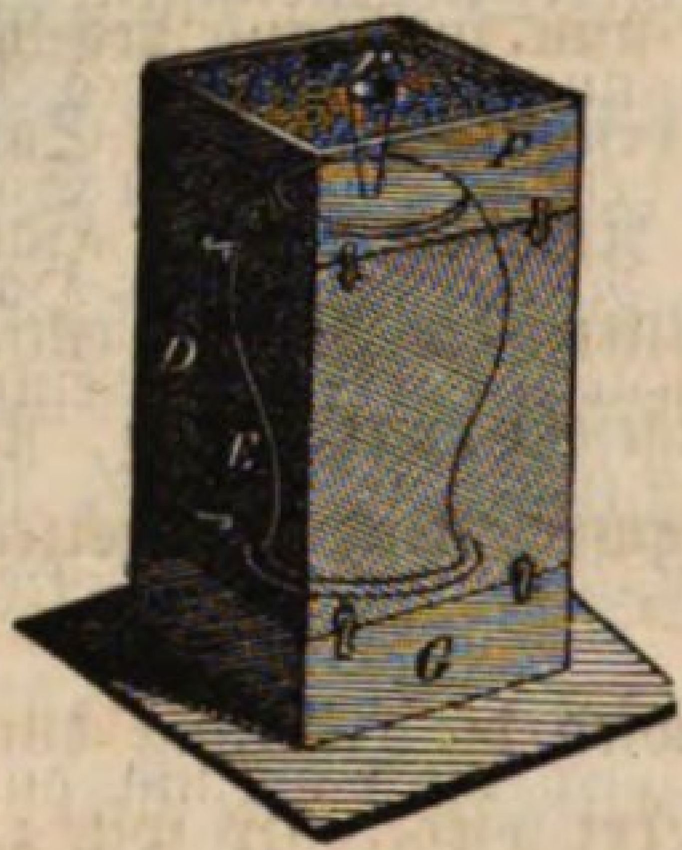


Fig. 61.



die Kästen D und E werden auseinandergenommen und das Modell entfernt. Man setzt nun die Kasten wieder zusammen und die Form ist zum Gusse fertig. Das durch r einströmende Eisen füllt nun genau den Raum aus, welchen vorher das Modell einnahm. Nach dem Erkalten des Eisens wird der Kasten auseinandergenommen und der Einguß abgeschlagen (Fig. 61).

§. 233.

Der Masseguß.

Der Masseguß wird in Fällen angewendet, wo man das Zusammenstürzen einer Sandform zu befürchten hat und wo man dem Gusse die ganze natürliche Weichheit des Roheisens erhalten will. Er unterscheidet sich von dem Sandguß dadurch, daß der Sand mehr Thon enthält und die Form, wenn sie fertig ist, scharf ausgetrocknet wird. Alle Arbeiten sind genau so, wie bei dem Kastenguß im feuchten Sand. Man benutzt den Masseguß zu eisernen Kanonen und Mörsern und zu den sogenannten Galanteriewaaren aus Eisenguß (Schreibzeuge, Leuchter, Ringe, Schnallen). Zur Herstellung der Kanonen findet das halbirte Roheisen Anwendung, indem dasselbe Zähigkeit mit Elasticität und einer gewissen Härte vereinigt; es scheint indessen, als werde das Roheisen, und vielleicht auch das bisher angewendete Geschützmetall, in der Geschützgießerei vollständig von dem Gußstahl ersetzt werden, wenigstens hat Fr. Krupp in Essen auf den Industrieausstellungen zu London (1851), München (1854) und Paris (1855) Gußstahlkanonen (neben Gußstahlwalzen, Wagenachsen, Patentreifen u. s. w.) ausgestellt, welche alle zeitherigen Leistungen überbieten. Sobald die Schwierigkeiten, welche theils die stets gleichmäßige Darstellung der rechten Stahlsorte, theils die schwere Schmelzbarkeit darbieten überwunden sein werden und die Kosten nicht zu übertrieben hoch sich stellen, so wird die Artillerie in den Gußstahlgeschützen ihre strengen Anforderungen befriedigt sehen, denn hier vereinigt sich Cohäsions-

kraft mit Härte, Elasticität und chemischer Beständigkeit. — Von der Geschützgießerei wird später bei Gelegenheit der Bronze- und Messinggießerei ausführlich die Rede sein.

§. 234.

Der Lehmguß.

Der Lehmguß findet bei massiven Gegenständen fast nie, sondern überhaupt nur dann Anwendung, wenn große Gefäße oder gefäßähnliche Stücke, wozu man kein besonderes Modell machen kann oder will, wie große Kessel, Thurmglocken, Dampfmaschinencylinder, gegossen werden sollen. Man unterscheidet bei einer jeden Lehmform für hohle Gegenstände drei Haupttheile:

a) den Kern (noyau, *core, nowel*), der an Größe und Gestalt dem Innern des Gußstückes gleichkommt,

b) das Modell (Hemd, Dicke oder Eisenstärke, chemise, *thickness*) und

c) den Mantel (manteau, *case*), die Einhüllung des Modells, in welchem zugleich der Einguß nebst den Windpfeifen angelegt wird.

Durch die Einführung des Masseguſſes in den Gießereien ist der Lehmguß sehr beschränkt worden.

Das Verfahren bei Herstellung einer Lehmform ist im Allgemeinen folgendes. Der Kern wird, um an Material und Arbeit zu ersparen, hohl gemacht; ist das herzustellende Gußstück von beträchtlicher Größe, so wird der Kern von lufttrocknen Lehmsteinen aufgeführt und nur zur Vollendung seiner Gestalt mit Formlehm, einer innigen Mischung von Lehm und Pferdemist, überkleidet. Bei kleineren Gegenständen wird der Kern um eine Spindel aus freier Hand oder auf der Drehscheibe mittelst Chablonen (Drehbretern, Lehren) angefertigt, bei größeren erhält der Kern seine Form durch Drehbreter, die im Kreise um den Kern herumgeführt werden. Die äußere Gestalt des Kernes bestimmt die innere Form des Gußstückes. Nachdem der Kern getrocknet ist, übergießt man ihn mit einem dünnen Brei von Holz- oder Torfasche mit Wasser (das Aschen des Kernes), zuweilen bepinselt man ihn statt dessen mit einer geschmolzenen Mischung von Wachs und Talg. Auf den Kern trägt man nun nach der Chablone oder aus freier Hand so viel feinen Lehm auf, als der Eisenstärke (dem Modell) entspricht. Dieser Ueberzug wird ebenfalls geascht und getrocknet. Zuletzt wird die Eisenstärke mit einer Lehmdecke, dem Mantel, überzogen. Das Aschen verhindert das Adhäriren der Thonmassen, so daß sich Mantel und Eisenstärke leicht von dem Kerne abheben lassen. Nach dem Trocknen des Mantels wird derselbe

entweder im Ganzen nach oben (bei konischen Gefäßen) oder wo dieses nicht ausführbar ist, in einzelnen Stücken seitwärts von dem Modelle oder der Eisenstärke abgezogen; das Modell wird vom Kerne entfernt. Kern und Mantel werden nun gebrannt und nachgebessert. Ueber den Kern setzt man die Stücke des Mantels wieder zusammen, verschmiert die Nähte, umwindet (armirt) den Mantel mit Draht und dämmt die ganze Form bei größeren Gegenständen ein. Auf diese Weise erhält man den bisher von der Eisenstärke inne gehabten Raum hohl. Vor dem Gusse werden die innere Seite des Mantels und der Kern mit einer Brühe von Leimwasser und Kohlenstaub (*black wash*) bepinselt oder über einem Kienholzfeuer geräuchert (geschwärzt). Die Windpfeifen und die Eingüsse werden aus Lehmröhren gebildet, welche in Oeffnungen des Mantels eingesetzt werden. Nachdem das Gußstück in der Form erkaltet ist, wird der Mantel abgeschlagen und der Kern herausgestochen, wenn das Gußstück davon nicht abgehoben werden kann.

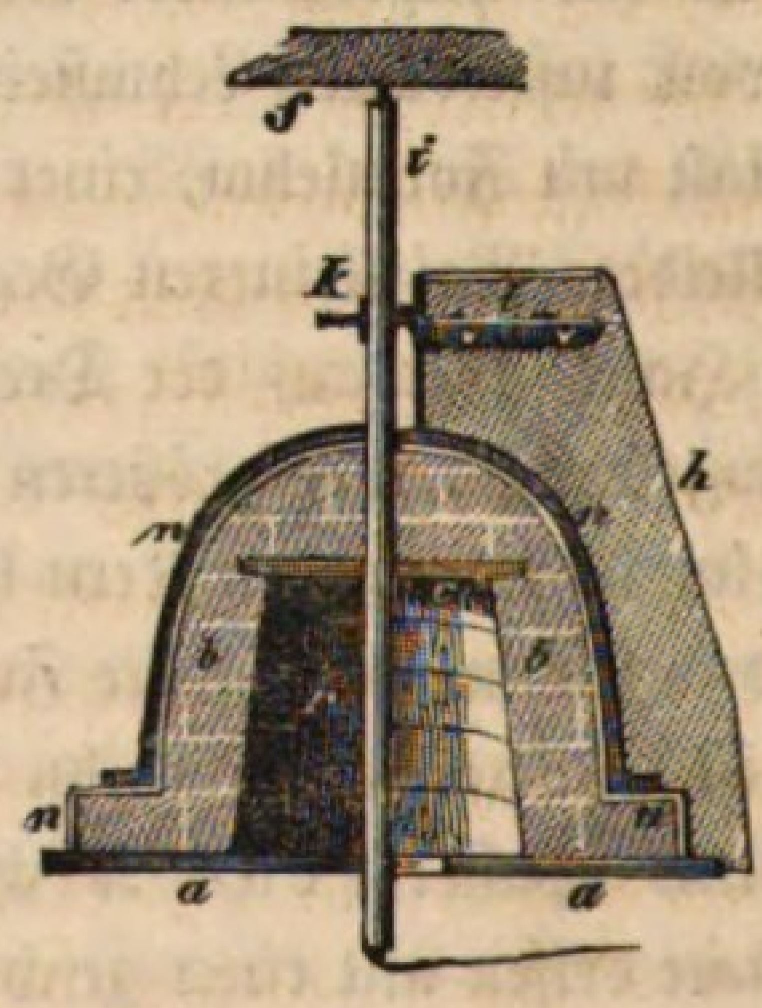
§. 235.

Die Details des Lehmgusses für größere runde Gegenstände sollen an einem Beispiele erläutert werden, wozu als Gußstück ein großer Kessel (Fig. 62) gewählt ist. Man befestigt zwischen dem Boden und einem Balken f (Fig. 63) einen Pfahl i, welcher im Centrum eines auf einer Unterlage

Fig. 62.



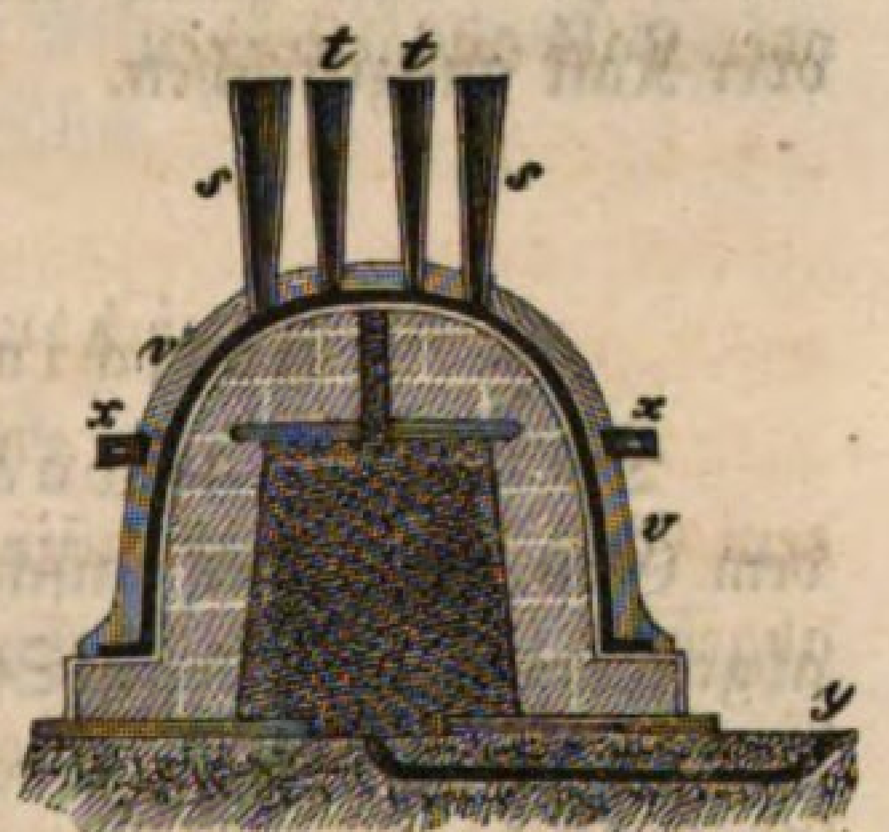
Fig. 63.



ruhenden Ringes ruht. Der Kern wird roh aufgemauert und dessen innerer Raum r leer gelassen. An den Pfahl wird mittelst der Schraube k und der Gabel l die Schablone h (Kernschablone), ein nach dem Profile der inneren Kesselwand ausgeschnittenes Bret, befestigt, so daß der Pfahl als Drehaxe für die Schablone dient. Der gemauerte Kern wird nun mit Lehm umgeben und demselben durch Herumführen der Schablone die erforderliche

Form gegeben. Darauf wird von der Schablone so viel abgeschnitten (Mantelschablone), daß sie dem Profile der äußeren Kesselfläche n n entspricht; der Kern wird wieder mit Lehm umgeben und durch die Schablone geformt. Nachdem der Pfahl i und die Schablone beseitigt sind, wird der Mantel v (Fig. 64) herumgelegt, den man durch Eisenstäbe oder eiserne Reifen, die man in die Masse gelegt hat, verstärkt, um ihr theils größere Haltbarkeit zu geben, theils auch mit Hülfe der Handhaben x, die an den Reifen befestigt sind, bequemer abheben zu können. Nach dem gehörigen Austrocken und Brennen der Form wird der Mantel abgehoben, die Lehmschicht n (die Eisenstärke) entfernt, der Raum r und der Kanal y, durch welchen die Gase abziehen, mit Sand gefüllt. Der Mantel wird wieder aufgesetzt und in zwei Oeffnungen desselben die Eingüsse s s eingesetzt; die Röhren t t sind Windpfeifen.

Fig. 64.



Der Kunstguß, d. i. die Anfertigung von Monumenten, Statuen rc. ist gleichfalls Lehmguß; hiezu beginnt aber in neuerer Zeit das Zink das Gußeisen zu verdrängen.

Bei solchen Gegenständen, welche viel Erhabenheiten auf ihrer Oberfläche und besonders eine solche Form haben, daß ein theilweises Abheben des Mantels nicht ausführbar ist, wie z. B. bei dem Guß von Grabmonumenten, Kunstöfen, Statuen rc., wird auf den getrockneten und gebrannten Kern die Form in Wachsabgüssen aufgetragen. Das von dem Modelleur angefertigte Modell wird in Gyps abgegossen, und es werden so viel einzelne Gypsformen dargestellt, als des Abhebens wegen möglich sind. Man gießt das Wachs in die einzelnen Formen, trägt die Wachsabgüsse auf den Kern und setzt sie auf demselben vorsichtig zusammen. Diese Wachsform wird mit feingeschlemmtem Thon, der mit etwas Graphit vermischt worden ist, überpinselt, und nachdem dies wiederholt geschehen ist, die Form mit einer stärkeren, mit Kuhhaaren untermengten Thonschicht umgeben. Ist der Ueberzug getrocknet, so schmilzt man das Wachs durch Erwärmen der Form heraus.

§. 236.

Der Schalenguß.

Der Schalen- oder Kapselguß in gußeisernen Formen findet nur selten und zwar nur zu Hartwalzen zum Ausstrecken des Bleches, die eine große Härte besitzen müssen, und zu Eisenbahnrädern Anwendung. Er

gründet sich auf die Eigenschaft des grauen Roheisens, im geschmolzenen Zustande durch schnelle Abkühlung rasch zum Erstarren gebracht, in hartes weißes Roheisen überzugehen. Gießt man daher das Roheisen in gußeiserne Formen, welche die Wärme schnell ableiten, so wird die äußere Schicht in Folge der schnellen Abkühlung weiß und hart. So erhält man Gußstücke, die an der Oberfläche sehr hart, und doch, weil sie im Innern aus grauem Roheisen bestehen, nicht spröde und zerbrechlich sind. Je dicker die eisernen Formen sind, desto schneller wird das Eisen abgekühlt und desto härter wird der Guß. Gewöhnlich werden die Formen mit Graphit, Steinkohlentheer oder Kalk ausgestrichen.

§. 237.

Zurichtung der Eisengußwaaren.

Die Eisengußwaaren (fonte moulée, *iron foundry*) werden nach dem Guß durch mechanische Bearbeitung vollendet, es werden die Angüsse abgeschlagen und deren Spuren, so wie die Gießnäthe abgefeilt, der eingebrannte Sand von der Oberfläche gelöst u. s. w. Oft müssen die gegossenen Gegenstände ausgebohrt (Maschinentheile, Kanonen), abgedreht, ciselirt, geschliffen und polirt werden. Da die Gußwaaren nur durch schnelles Erkalten auf der Oberfläche oft hart und spröde sind, als wären sie aus weißem Roheisen gefertigt, und dadurch einer Bearbeitung mit Feilen, Spitzhammer, Meißel u. s. w. unfähig sind, so sucht man solchen Gegenständen durch das Tempern (Anlassen, Adouciren, adoucir, *tempering*) die erforderliche Weichheit und unter Umständen selbst die Haupteigenschaften des Schmiedeeisens zu ertheilen. Das Wesentliche des Temperns besteht in anhaltendem Glühen der Gußstücke in einer Einhüllung und sehr langsamem Erkalten. Von großem Einflusse ist die Natur der Einhüllung und der Grad der Hitze. Ueberzieht man die Gußstücke mit Lehm, glüht sie zwischen lockeren Kohlen aus, oder in mit Kohlenstaub ausgefütterten Kapseln, bei nicht anhaltender Rothglühhitze, so geht durch Andersgruppirung der Moleküle das harte Eisen in weiches Eisen über. So macht man häufig die Gußstücke weich, um sie leichter abdrehen zu können. Sollen die Gußwaaren durch das Tempern zugleich einen gewissen Grad von Festigkeit erhalten, wie es dem Stahl und dem Schmiedeeisen zukommt, so muß die Einhüllung und die länger anhaltende Hitze entkohlend auf das Roheisen einwirken. Als Hülle benutzt man ein Cementirpulver aus Kohle, Knochenasche, Eisenhammerschlag und rothem Eisenoxyd. Gleichmäßig und durch die ganze Masse hindurch entkohlten Eisenguß nennt man hämmerbaren, schmiedbaren Eisenguß (fonte malléable, *annealed cast iron*). Auf diese Weise stellt man neuer-

dings viele kleine Gegenstände aus Gußeisen dar, die man früher zu schmieden pflegte, wie z. B. Schlüssel, Schnallen, Lichtputzen. Durch Einsatzhärtung (vergl. Seite 70) lassen sich diese Gegenstände oberflächlich verstählen; so verfertigt man jetzt z. B. gegossene Scheeren und Messer (selbst Rasirmesser), welche sich von den stählernen kaum unterscheiden lassen.

Die Bronzegießerei.

§. 238.

Die Bronze (vergl. Seite 207) wird entweder in Formen von Sand oder aus Lehm gegossen; von den verschiedenen Arten der Anwendung der Bronze zur Herstellung von Gußwaaren sei angeführt

1) die Geschützgießerei,
2) die Glockengießerei,
3) die Bildgießerei oder der Kunstguß.

§. 239.

Die Geschützgießerei.

Im Anfange wurde alles Geschütz aus Schmiedeeisen faßartig zusammengesetzt. Zuerst kannte man keine andere Methode als die daubenartigen Stäbe durch Ringe zusammenzuhalten, später erst verstand man sie zusammenzuschweißen. Für die Anforderungen der damaligen Zeit, wo man nur Städte beschoß, daher keines genauen Schusses bedurfte, wo man nur ein schwaches Pulver und steinerne Kugeln verwandte, genügten diese unbeholfenen, mangelhaft geschweißten und ungebohrten Rohre, doch sprangen sie auch nicht selten. Je mehr die Artillerie nun im Laufe der Zeiten sich ausbildete, desto mangelhafter mußten diese Geschütze erscheinen; man verließ zwar das sehr große Kaliber, wodurch allerdings die Herstellung der Geschütze erleichtert ward, zugleich aber forderte man auch größere Genauigkeit und führte die härteren eisernen Kugeln ein, und so wurden die langsame und schwierige Fabrikation, das weiche Material, die unzuverlässige Schweißung, das kaum zu vermeidende Verbrennen einzelner Theile die Ursachen, warum man schon in der Mitte des 15. Jahrhunderts von dem Schmieden abging und gußeiserne Geschütze einführte. Dennoch kam man in allen Jahrhunderten wieder auf das Schmieden zurück, in der Hoffnung, durch die Fortschritte in der Metallurgie die Schwierigkeiten nun besiegen zu können, welche sich ehedem unüberwindlich gezeigt. So wurde noch im letzten Jahrzehnd versucht, schmiedeeiserne Stäbe mit Kupfer zusammenzulöthen und sodann bandartig mit eisernen Reifen zu umwickeln. Ob die ältesten gegossenen Geschütze aus Eisen oder Bronze bestanden, läßt sich eben so wenig sagen als die Zeit mit Bestimmtheit angeben, in welcher sie zuerst angefertigt wurden. Die ersten

Nachrichten von gegossenem Geschütz kommen schon 1220 vor. Die Mauren bedienten sich in diesem Jahre gegossener Maschinen, um Steine zu werfen. Von dem Jahre 1401 liegen Bronzegeschütze in Amberg, von 1438 befindet sich noch ein Geschütz in Toulouse, 1478 ließ Ludwig XI. zu Paris, Tours, Orleans und Amiens Geschütze gießen. Die ersten deutschen Bronzegeschütze, von denen wir Nachricht haben, sind 1372 gegossen und zwar von Aarau in Augsburg. Ueber das beim Gießen eiserner Geschütze übliche Verfahren ist nur so viel auf uns gekommen, daß man im 17. Jahrhundert aus dem Hohofen über den Kern goß und daß in der Mitte des 18. Jahrhunderts zuerst aus dem Vollen gegossen wurde, wo bei man sich bemühte, ein graues, sehr weiches Eisen zu erzeugen. Die geringe Dauerhaftigkeit beider Arten von Geschützen, deren Grund zufolge der mangelhaften Kenntnisse von der Erzeugung und den Eigenschaften der verschiedenen Roheisensorten man nicht zu finden vermochte, bewirkte ein Schwanken in der Methode des Gusses, bis in neuerer Zeit der Guß aus dem Vollen den Kernguß allgemein verdrängt hat. Das zum Geschütz sich besonders eignende Eisen ist halbirtes Roheisen (vergl. Seite 30).

§. 240.

Im Allgemeinen weiß man über die Fabrikation des Bronzegeschützes noch weniger Zuverlässiges als über die des eisernen. Ueber die Mischungsverhältnisse der Kupferlegirung ist wenig bekannt, doch scheint so viel gewiß, daß man außer Zinn immer noch Zink dem Kupfer zusetzte. Das Zink, ein in der damaligen Zeit noch unbekanntes Metall, wurde in Gestalt von Messing, aus Kupfer und Galmei bereitet und meist bleihaltig, zugesetzt. Größere Mengen von Blei kamen in das Geschützmetall durch die Oekonomie der Gießer, welche anstatt des reinen Zinnes zinnerne Gefäße, welche zuweilen bis zur Hälfte ihres Gewichtes Blei enthielten, mit einschmolzen. Durch den sogenannten Sekretfluß kamen noch Arsenik, Wismuth und Antimon, obwohl nur in geringer Menge, hinzu. Die Verhältnisse der Metalllegirung überließ man damals ganz und gar dem Gießer. In Frankreich benutzten die berühmten Gießer Keller bald nach dem dreißigjährigen Kriege eine Legirung von

100 Kupfer		91,5 Kupfer
9 Zinn	oder	7,8 Zinn
6 Messing		0,7 Zink.

In anderen Gießereien nahm man

100 Kupfer		86 Kupfer
15 Zinn	oder	11,1 Zinn
20 Messing		2,9 Zink.

Ueberall legte man dabei einen großen Werth auf den Sekretfluß, weil man glaubte, er mache das Kupfer geschmeidig. Das Gießen geschah von der frühesten Zeit an über den Kern, der aus einer eisernen, mit Lehm überzogenen Stange bestand, die oben am verlornen Kopfe eingesetzt und im Bodenstück mittelst des Kranzeisens befestigt ward. Dieses Kranzeisen war in den Nürnberger und Augsburger Gießereien von Schmiedeeisen. Gleichzeitig mit dem Kernguß war das Gießen mit dem Steigrohr (vergl. Seite 231) gebräuchlich, eine auch neuerdings wieder versuchte Methode, die aber keine Empfehlung verdient, da das Metall kälter in die Form gelangt. Der Guß über den Kern wurde von Maritz 1744 ziemlich um dieselbe Zeit abgeschafft, als man anfing das Zink wegzulassen, welches über 4 Jahrhunderte dem Geschützmetall zugesetzt worden war. Noch ist es nicht entschieden, ob die Zumischung des Zinkes bis zu einer gewissen Menge, die 3 — 5 Proc. nicht übersteigt, für die Haltbarkeit des Geschützes vortheilhaft oder nachtheilig sei. Wenn von einigen technischen Schriftstellern behauptet wird, der Zinkzusatz sei deshalb ganz vergebens, weil das Zink schon während des Einschmelzens sich verflüchtige, so ist dies eine grundlose Behauptung, da die Analyse in allen alten Geschützröhren Zink nachweist. Dussaussay hat durch Versuche ermittelt, daß man die Haltbarkeit der Bronze durch einen Zinkzusatz nicht vermindere, wenn dieser nicht 3 Proc. übersteigt, daß dagegen das Metall durch diesen geringen Zusatz viel dünnflüssiger werde und die Bildung von Gallen verhüte. Die dänische Artillerie fügt noch jetzt Messing zu ihrer Bronze. Im Allgemeinen kann man das letzte Drittel des vorigen Jahrhunderts als den Wendepunkt in der Güte des französischen Geschützes annehmen. Es ist nun sehr die Frage, ob das Abschaffen der Zinkbeimengung, das in Folge der großen Artillerieversuche, die in Frankreich nach dem siebenjährigen Kriege statthatten, angeordnet wurde, zufällig nur in dieselbe Zeit fällt, oder ob es eine der Ursachen davon ist. Jedenfalls ist es beachtenswerth, daß der Verfall des Bronzegeschützes mit der Abschaffung des Zinkzusatzes zusammenfällt. Blei, Arsenik, Antimon und Wismuth hält man wegen der Sprödigkeit, welche sie der Kupferlegirung ertheilen, im Geschützmetall für gefährlich.

§. 241.

In neuerer Zeit pflegt man als die eigentliche Geschützbronze nur die Legirung von Kupfer mit Zinn (vergl. Seite 205) zu betrachten, welche auf 100 Th. Kupfer 10 Th. Zinn enthält. Die Darstellung einer Legirung von bestimmter Zusammensetzung im geschmolzenen Zustande sowie die Leitung des Abkühlungsprocesses, welches die Eigenschaften des Geschützmetalles bestimmt, sind von großem Einflusse. Die zum Geschützguß angewendeten

Metalle werden meist in Gestalt alter ausgedienter Geschütze, von meist unbekannter Zusammensetzung, in den Ofen gebracht. Im geschmolzenen Zustande wird die Legirung auf der Oberfläche oxydirt und zwar findet die Oxydation nicht gleichmäßig bei beiden Metallen statt. Ueber die Größe des Verlustes durch die Oxydation, welche hauptsächlich das Zinn betrifft, ist nichts mit Bestimmtheit bekannt. Den vorhandenen Zahlenangaben ist zu mißtrauen, da ja auch die poröse Herdsohle von der Legirung in ungleichen Verhältnissen einsaugen kann. Wenn aber auch jeder Verlust durch Abbrand und durch Absorption vermieden und durch irgend ein schnell zuführendes Mittel die hunderttheilige Zusammensetzung der Legirung ermittelt werden könnte, hätte man dadurch noch keine Garantie für die Güte des herzustellenden Geschützes, da gegenwärtig der Einfluß eines langsamen oder schnellen Erkaltens in der Form noch nicht genügend bekannt ist. So viel man bis jetzt weiß, zerlegt sich das Geschützmetall beim Erkalten in zwei Legirungen, nämlich in eine weiße und eine gelbe. Letztere ist von röthlichgelber Farbe, schwerer schmelzbar als die weiße und wurde bisher im isolirten Zustande noch nicht untersucht. Die weiße Legirung besteht aus 23 Proc. Zinn und 77 Kupfer (vielleicht $Sn\,Cu_6$), ist hart und spröde, feinkörnig und krystallinisch und von 8,75 spec. Gewichte. Sie erreicht mitunter die Größe von Bohnen und liegt dann scharf nesterartig abgesondert in der röthlichgelben Grundmasse; gießt man Geschütze in gut wärmeleitende Formen, so tritt die weiße Legirung zuweilen gewaltsam verlornen am Kopfe heraus. Wenn Geschützmetall lange erhitzt wird, so saigert ein ähnliches Metall aus. Es scheint sich die weiße Legirung besonders gern beim Guß aus neuen Metallen abzusondern, doch findet es sich auch zuweilen beim Umguß von alter Bronze. Früher hielt man das weiße Metall allgemein für Zinn, daher auch der Name Zinnflecken. Es scheint, als ob beide Legirungen schon im geschmolzenen Metalle sich bilden; die Gießer suchen daher die weiße Legirung, welche specifisch schwerer ist als die röthlichgelbe, kurz vor dem Abstechen durch kräftiges Umrühren innig mit dem gelben Metall zu mischen. Ob das schnellere oder langsamere Erkalten vortheilhaft sei, darüber sind die Meinungen der Gießer getheilt. Einige tadeln das schnelle Erkalten, weil die Legirung in der Form steige und hohle Stellen (Gallen) erhalte, andere das langsame, weil in der Axe der Seele sich die harte weiße Legirung in zu großer Menge anhäufe, beim Bohren theils Hindernisse darbiete — die Bohrer werden während des Ausbohrens der Seele sehr oft stumpf und brechen nicht selten an der harten Zinnlegirung aus — theils ganz ausgebohrt werde, wodurch eine zu weiche Seelenwand sich bildet, welche den Kugelanschlägen nicht genügend widersteht.

§. 242.

In einigen Gießereien gießt man die Geschütze in Lehmformen, zum größten Theile ist aber der Zeitersparniß wegen der Lehmguß durch den Masseguß verdrängt worden.

Der Lauf eines jeden Geschützes besteht aus drei Haupttheilen, dem Bodenfeld (premier renfort) a (Fig. 65), dem Zapfenstück (second renfort) b und dem Langenfeld oder Mundstück (volée) c. Das unterste Ende besteht aus dem Boden (Stoß, culasse) d und der Traube (bouton). Außerdem befinden sich in der Mitte zwei cylindrische Zapfen, die Schildzapfen (tourillons) f, womit sie auf der Lafette befestigt werden kann, und zwei Handhaben g, die Henkel (Oehre, Delphine, anses). Am Boden des Laufes befindet sich das Zündloch (lumière) h. Die verschiedenen Abtheilungen endlich sind durch Triesen (moulures) getrennt. Die Modelle der Geschütze sind in der Regel aus Bronze, selten aus Zink, Messing

Fig. 65.

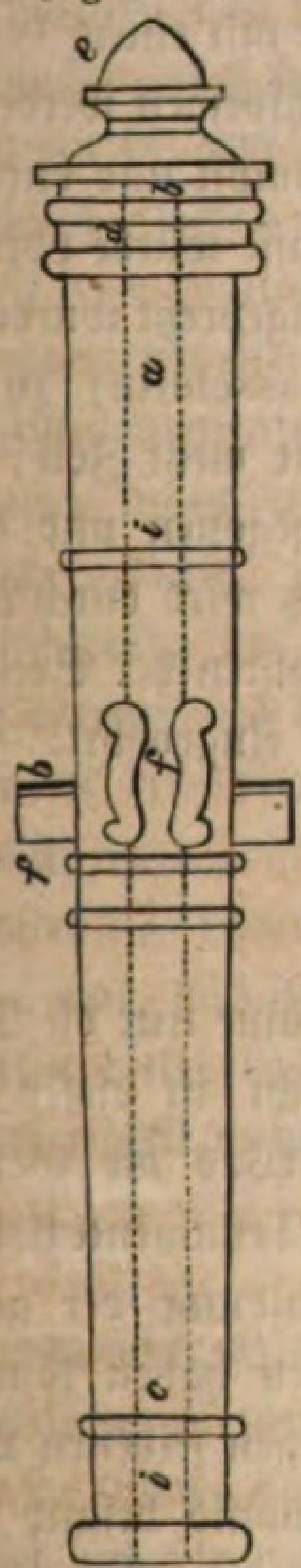
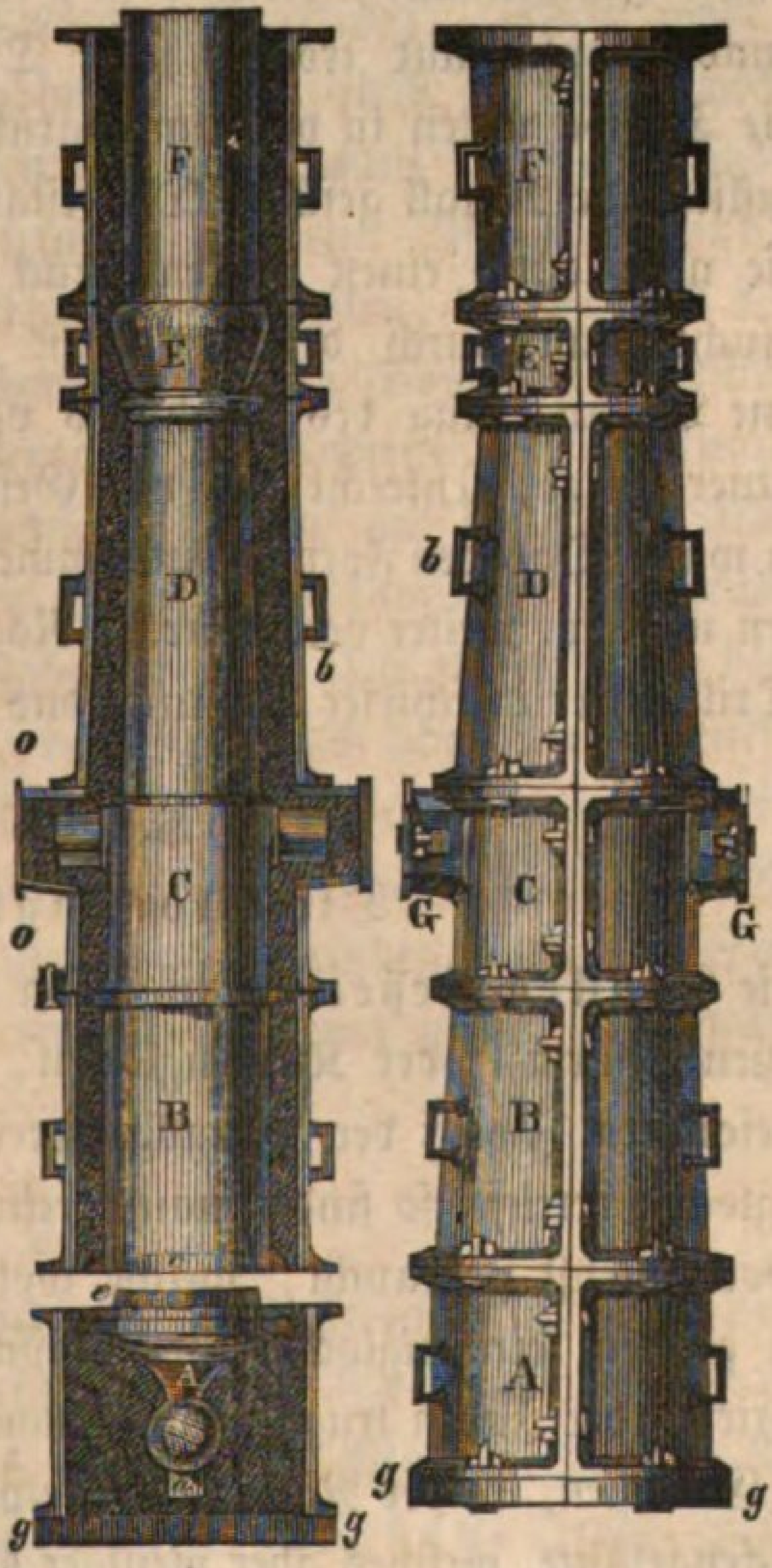


Fig. 66.



oder Eisen und zwar hohlgegossen mit einer Metallstärke von ungefähr 5 Linien; sie stellen die äußere Fläche des zu gießenden Metalles dar. Die Henkel und Schildzapfen werden durch Schrauben am Rohrstücke befestigt. Die Formkasten bestehen aus Gußeisen und sind im Metall etwa 6 — 8 Linien dick. Das Formen findet im Wesentlichen in folgender Weise statt (nach Werther): Zuerst wird das Traubenstück A (Fig. 66) auf das Modellbret umgekehrt gelegt, so daß der Anguß e genau in eine entsprechende Höhlung des Bretes hineinpaßt. Nachdem die um das Modell gelegten Kastenhälften mit Masse vollgestampft sind, wird die Platte g aufgelegt, festgeschraubt und von dem umgedrehten Kasten das Modellbret abgehoben. Auf diesen Theil wird das Modell des Bodenstückes B aufgesetzt und ebenso geschieht es mit dem Formkasten für dieses Stück des Modelles. In gleicher Weise verfährt man auch mit dem Langenfeld D, dem Zapfenstücke E und dem verlornen Kopfe F. Die Zapfen G werden von der Seite angestampft und mit einer besondern Platte o o bedeckt. Nach Vollendung der Form nimmt man die Kasten auseinander und die Modelle heraus, bessert die Beschädigungen der Formen aus, trocknet sie, schlichtet sie mit einem Gemisch von Milch und Graphit und trocknet sie. Die Geschützformen werden aufrecht, d. h. die Traube unten in der Dammgrube festgestampft und durch das von oben einfließende Metall gefüllt. Die erstarrende Masse würde porös werden, wenn sie nicht durch einen starken Druck zusammengepreßt würde. Diesen Druck sucht man durch den verlornen Kopf (masselotte) zu erreichen, d. i. eine Verlängerung des Geschützes von 18 und mehr Zoll, welche oft 16 Centner wiegt, senkrecht auf das Geschütz aufgegossen und dann abgeschlagen wird. Das den Formen entnommene Geschütz wird durch Ausbohren, Abdrehen u. s. w. weiter verarbeitet. Nach dem Bohren der Seele wird mit einem Drillbohrer in schiefer Richtung das Zündloch eingebohrt. —

§. 243.

Die Glockengießerei.

Die Glockengießerei umfaßt im engern Sinne nur die Darstellung der großen Thurm- oder Kirchenglocken, und macht in dieser Beziehung einen besondern Zweig der Metallgießerei aus. Was die Geschichte der Kirchenglocken betrifft, so findet man bereits im alten Testamente kleine Glocken beim Gottesdienst gebraucht, welche wol zur Erfindung der gegenwärtig üblichen großen Kirchenglocken Veranlassung gegeben haben können. Die Hohenpriester der Juden trugen am Saume des langen seidenen Oberkleides goldene Glöckchen, in der Nähe des Tempels Salomonis befand sich ferner ein Glockengeläute, welches aber weniger das Volk in den Tempel rufen, als

vielmehr die Vögel verscheuchen sollte, damit sie nicht nach ihrer Gewohnheit in der offenen Halle nisteten und den Tempel verunreinigten. In der christlichen Kirche bediente man sich im fünften und sechsten Jahrhundert der Kirchenglocken noch nicht. Paulinus, Bischof zu Nola in Campanien, soll im vierten Jahrhundert die Kunst, große Glocken zu gießen, erfunden haben. Obgleich dies keineswegs bewiesen ist, so stimmen doch alle älteren Geschichtsschreiber, welche der Glocken erwähnen, darin überein, daß man zu Nola in Campanien, wo die Natur ein herrliches und reiches Kupfererz darbot, in alten Zeiten Glocken goß. Die Glockengießereien zu Nola wurden bald so bekannt, daß in Nola ein Markt entstand, auf welchem man Glocken feil bot. Die Glocken haben demnach die Namen *Campana* und *Nola* von der Stadt Nola in Campanien, als dem Orte der Erfindung, aber nicht sowol von dem Bischof Paulinus, der den Beinamen Nolanus führte, als vielmehr von dem nolanischen Kupfererze, den nolanischen Gießereien und dem berühmten Glockenhandel. Der Gebrauch der Glocken zum Gottesdienste begann Ende des sechsten Jahrhunderts in einigen Klöstern, wo man, anstatt des sonst üblichen Blasens, das Zeichen durch Läuten gab. Nach und nach wurden aber die Glocken auch bei anderen Kirchen eingeführt. Zuerst wohl bei Gemeinden, deren Glieder zerstreut wohnten. Da rieth es die Bequemlichkeit, ein öffentliches Zeichen mit Glocken zu geben, damit die Entferntwohnenden an die Zeit des Gottesdienstes erinnert würden. Papst Sabinian im 7. Jahrhundert erweiterte den Gebrauch der Glocken, der sich bis dahin nur auf das Zusammenrufen zum Gottesdienste an Sonn- und Festtagen beschränkt hatte, indem er die Glocken auch zur Andeutung der Betstunden anzuwenden verordnete. In Deutschland finden sich die ersten Glocken im 11. Jahrhundert, die berühmten Glockengießerfamilien zu Nürnberg und Augsburg datiren aus dem 14. Jahrhundert. Die früher streng beobachtete Geheimthuerei der Glockengießer, besonders aus den alten Gießerfamilien, hat wesentlich dazu beigetragen, daß die Glockengießerei lange Jahrhunderte hindurch wenig Fortschritte gemacht hat, und daß jeder Guß einer Glocke ein Glücksspiel war, das in vielen Fällen den empirischen Gießer im Stiche ließ. Gegenwärtig bietet das Gießen einer Glocke von genau bestimmtem Tone keine Schwierigkeit mehr dar.

§. 244.

In technischer Hinsicht betrachten wir die Glocken in Bezug auf das zu ihrer Herstellung verwendete Material, ihre Gestalt und Größe und ihre Darstellungsart. Das allgemeinste Material ist eine Mischung aus Kupfer und Bronze, das sogenannte Glockengut (vergl. Seite 208),

welches in der Regel auf 78 Proc. Kupfer 22 Proc. Zinn enthält. Ein Kubikfuß dieser Legirung wiegt etwa 500 Pfd. Gußeiserne Thurmglocken scheinen schon in früherer Zeit benutzt worden zu sein; in neuerer Zeit sind auf preußischen und österreichischen Eisengießereien solche Glocken gegossen worden, die sich neben großer Wohlfeilheit durch starken und guten Klang und Haltbarkeit auszeichnen. Von größerer Wichtigkeit sind die Glocken aus Gußstahl von Meyer in Bochum, welche bei Gelegenheit der Pariser Industrieausstellung im Jahre 1855 großes Aufsehen erregten, indem sich an diesen Glockenguß noch die Erwartung weiterer höchst wichtiger Anwendung des Gußstahls (vergl. Seite 73) knüpft. Nach dem Urtheile competenter Richter erreichen die Gußstahlglocken in der Dauer der Vibration des Tones die Bronzeglocken zwar nicht, jedoch ist ihr Ton ein angenehmer, starker und namentlich sehr voller, welcher dem Bedürfnisse eines Kirchengeläutes hinlänglich entspricht. Der Preis der Gußstahlglocken erreicht überdies kaum die Hälfte der Bronzeglocken. Nebenbei sei bemerkt, daß man die Glocken auf Kirchthürmen durch die wohlfeilen Stahlstabgeläute zu ersetzen versucht hat, welche aus in der Form eines A gebogenen Stahlstäben bestehen, die an der Spitze frei aufgehangen sind und durch Hämmer angeschlagen werden. Glocken aus Holz, aus gebranntem Thon, aus Stein und Glas kommen nur als Curiositäten vor.

§. 245.

Die Gestalt der Glocken ist allgemein bekannt; sie bestehen aus einer gekrümmten Scheibe mit wulstigem, stabartigen Rande, dem sogenannten Schlag, Schlagring oder Kranz (bord de cloche). Vom Schlage bis zur Hälfte der Höhe der Glocke, dem Obersatze, nimmt die Dicke ab, ebenso nach dem untern Rande derselben. Der oberste geschlossene Theil heißt die Haube oder Platte (cerveau), auf welcher die mit der Glocke aus einem Stücke gegossenen Henkel oder Oehre (anses), auch Krone genannt, stehen. Im Innern der Glocke befindet sich ein eisernes Oehr, das Hängeisen, worin der Klöppel oder Schwengel (battant) hängt. Das Hängeisen wird nicht in der Glocke festgegossen, sondern an einem aus der Haube hervorragenden eisernen Zapfen festgeschraubt. Hinsichtlich der Verhältnisse, zwischen den verschiedenen Dimensionen hat die Praxis mancherlei festgestellt, was für die Erzeugung des Tones am zweckmäßigsten ist, wovon jedoch in der Ausführung mehr oder weniger abgewichen wird. Der Ton einer Glocke hängt ab 1) von dem Durchmesser der Glocke, 2) von ihrer Dicke, 3) von ihrer Steifheit oder Elasticität, 4) von ihrer Schwere. Die Tiefe der Glocken nimmt nach Chladni bei übrigens gleichen Verhältnissen

mit dem Quadrate des Durchmessers zu, und wenn Glocken aus gleichem Material in ihren Dimensionen in gleichem Verhältnisse zu- oder abnehmen, so verhalten sich die Töne derselben umgekehrt wie die Kubikwurzeln aus dem Gewichte derselben.

Eine Glocke, deren Durchmesser an der Mündung 2 Fuß 8 Zoll beträgt, wiegt, nach den üblichen Dimensionsverhältnissen gegossen, etwas über 600 Pfd. Zollgewicht. Daraus läßt sich das Gewicht einer Glocke nach jedem gegebenen Durchmesser berechnen.

Drückt man durch N den Durchmesser in Zollen aus, so findet man das Gewicht der Glocke x in Pfunden nach der Gleichung

$$(32)^3 : N^3 = 600 : x$$

und da in allen solchen Gleichungen constant

$$\frac{600}{(32)^3} = \frac{600}{32768} = 0{,}0182,$$

so findet man das gesuchte Gewicht, wenn der in Zollen ausgedrückte Durchmesser zur dritten Potenz erhoben und mit 0,0182 multiplicirt wird.

Ist das Gewicht G der Glocke in Zollpfunden (1 Kilogr. = 2 Zollpfd.) ausgedrückt gegeben, so findet man deren Durchmesser D in Zollen:

$$D = \sqrt[3]{\frac{G}{0{,}0182}}$$

Auf die Schwere des Klöppels, die etwa $^1/_{40}$ vom Gewichte der Glocke betragen soll, rechnet man nach Hahn auf je 100 Pfd. Glockengewicht $2^1/_2$ Pfd. Eisengewicht und setzt dem so erhaltenen Gewichte noch 5 Pfd. zu; den Klöppelball macht man im Verhältnisse von 5 : 3 dicker, als die Metallstärke der Glocke am Schlagringe.

§. 246.

Das Gießen der Glocken stimmt im Wesentlichen mit dem Formen großer Kessel in der Eisengießerei (vergl. Seite 236) überein. Der zur Herstellung der Lehmform angewendete Lehm muß mager, jedoch nicht sandig sein. Der Lehm wird mit Pferdemist, Flachsscheben oder Kälberhaaren gemengt. Die Form wird vor dem Gießofen in der Dammgrube aufgerichtet; letztere muß etwas tiefer sein, als die Glocke hoch werden soll, theils, damit man unter der Form ein Fundament von Steinen anbringen, theils aber auch, damit man dem geschmolzenen Metalle den erforderlichen Fall geben könne. Den Anfang zum Gießen macht der Former mit einem hölzernen Pfahl (piquet), den er in der Mitte des Platzes, wo er die Form errichten will, einschlägt. Rund um den Pfahl wird nun ein Fundament von Ziegel-

steinen, der Stand (meule) gemauert und darüber, ebenfalls von Ziegeln, ein hohler Körper, der Kern (noyau), aufgeführt, der äußerlich mit Lehm bekleidet wird. Auf ein quer über den Pfahl gelegtes und in den Kern eingemauertes Eisen (Grenzeisen, crapaudine) wird eine eiserne senkrechte Spindel gestellt, an welcher die Schablone (Lehre, Drehbret, échantillon), d. i. ein nach dem inneren Profile der Glocken ausgeschnittenes Bret befestigt ist. Damit die Schablone beim Herumführen den Lehm gehörig abnehme, ist dieselbe an der Ausschweifung abgeschärft, oder auch mit Eisenblech beschlagen. Indem die Schablone im Kreise um den Kern geführt wird, dreht sie den Lehmüberzug desselben ab. Der fertige Kern wird mit einem Gemenge von Asche mit Wasser oder Bier bestrichen (geäschert), damit das Modell (der Heerd oder die Dicke) nicht an dem Kerne hafte. Nach einstweiliger Entfernung der Schablone trocknet man den Kern durch ein im Innern desselben angezündetes Feuer aus. Auf den Kern kommt nun eine neue Lehmmasse, deren Umrisse durch eine zweite Schablone so abgestrichen werden, daß sie der äußeren Gestalt der Glocke, ohne die Henkel, entsprechen und die Masse, das Modell oder Hemd, genau mit der Metalldicke der herzustellenden Glocke übereinstimmt. Das Modell wird mit geschmolzenem Talg bestrichen, damit der später herzustellende Mantel sich leicht wieder von dem Modell trennen lasse. Alle über die Oberfläche hervorragende Theile, als Inschriften, Laubwerk, Wappen werden aus Formwachs (aus 100 Th. gelbem Wachs, 10 Th. Terpentin und 10 Th. Pech bestehend) bossirt und mittelst Terpentin auf das Modell befestigt. Ueber das vollendete Hemd wird darauf der Mantel (chape) als dritter Bestandtheil der Form aufgetragen. Insofern derselbe nur als äußere Begrenzung der Form beim Gießen dient, muß er sich zwar genau an das Modell anschließen, braucht aber auf der Außenseite keine streng regelmäßige Gestalt zu besitzen und wird daher nur annähernd der Gestalt der Glocke durch eine dritte Schablone abgeglichen. Man giebt dem Mantel eine Dicke von 4—6 Zollen. Die Form der Krone wird als ein besonderes Stück verfertigt und in eine im oberen Theile des Mantels befindliche Oeffnung eingesetzt; sie enthält an verschiedenen Stellen Windpfeifen. Der Mantel und die damit verbundene Kronen- oder Henkelform wird durch eiserne Reifen verstärkt. Nachdem der Mantel über dem Modelle vollständig ausgetrocknet ist, wird er mittelst eines Krahnes emporgewunden, so daß er frei in der Luft schwebt und im Innern ausgebessert werden kann. Das auf dem Kerne sitzende Modell wird entfernt, der Kern nöthigenfalls ausgebessert. Die Höhlung des Kernes wird mit Erde ausgefüllt und oben mit Lehm verschlossen. Darauf wird er durch den wieder herabgelassenen Mantel in der vorigen Lage wieder so umgeben, daß zwischen beiden der leere Raum des

Modelles für die zu gießende Glocke bleibt. Die Fuge um seinen unteren Rand wird mit Lehm verstrichen, die Dammgrube wird bis an die Oeffnung des Mantels mit Erde ausgefüllt und die Erde so fest als möglich gestampft. Jetzt wird die Gußrinne (chénal, écheno) vom Schmelzofen nach dem Gießloche angelegt und die Form ist nun zum Gusse bereit.

§. 247.

Der zum Schmelzen des Glockengutes angewendete Ofen ist ein Flammenofen, der aus dem Feuerherde, auf welchem das Brennmaterial — Holz oder Steinkohlen — verbrennt, und dem Schmelzherde besteht, in welchem die Legirung durch die darüber streichende Flamme geschmolzen und erhitzt wird. Anfangs setzt man alles Kupfer und zwei Drittel Zinn ein, und sobald diese Legirung im Flusse und das Gekrätz abgenommen ist, fügt man das übrige Zinn hinzu. Die Schmelzung nimmt vier bis sechs Stunden in Anspruch. Ist die Masse vollkommen geschmolzen, so wird die in der Vordermauer des Ofens befindliche Stichöffnung (das Auge), welche während des Schmelzens durch einen irdenen oder eisernen Pfropfen verschlossen ist, mittelst einer Eisenstange, welche der Arbeiter einstößt, geöffnet. Da der specifisch leichtere Pfropfen in dem Metalle in die Höhe steigt und auf demselben schwimmt, so hindert er das Ausfließen des Metalles nicht mehr, welches nun durch die Gußrinne in die Form strömt. Nach vollendetem Gusse läßt man sie 1—2 Tage erkalten, darauf leert man die Lehmgrube und zerschlägt den Mantel, hebt die Glocke mit Hülfe eines Krahns oder eines Flaschenzuges heraus, sägt die Gießzapfen und Angüsse ab, befeilt die schadhaften Stellen und scheuert die Glocke endlich mit Sand oder Sandstein ab. Das Gewicht des in den Ofen einzusetzenden Metalles muß ungefähr $^1/_{10}$ mehr betragen, als das, welches man der Glocke geben will.

Wenn die Glocke einen Sprung erhält, wodurch sie einen widerwärtigen, markdurchdringenden und schrillenden Ton durch das Gegeneinanderstoßen der vibrirenden Metallflächen an der gesprungenen Stelle bekommt, so ist entweder die Glocke umzugießen oder es ist der Sprung auszusägen oder auszugießen. Behufs des Aussägens wird am Ende des Sprunges ein Loch gebohrt, und dann mit einer starken Säge nach der Richtung des Sprunges und bis zu dem Bohrloche so breit eingeschnitten, daß beim Läuten die oscillirenden Flächen einander nicht mehr berühren. Das Ausgießen eines Sprunges geschieht durch Aussägen eines schmalen Streifens und Ausfüllen der Fuge mit einer geschmolzenen und glühenden Mischung von Kupfer und Zinn, die jedoch sich selten innig mit der Glocke vereinigt und durch die Erschütterung des Läutens wieder abfällt. Daß bei beiden Metho-

den die Glocke umgehängt werden muß, damit der Klöppel beim Läuten die reparirte Stelle nicht treffe, liegt auf der Hand. Zur Schonung der Glocken ist die von L. Baker[1]) in London neuerdings empfohlene Methode des Aufhängens der Glocken sehr zu empfehlen, nach welcher die Glocke auf solche Weise mit dem Joch verbunden ist, daß sie um ihre senkrechte Axe gedreht werden und dem Klöppel nach und nach neue Punkte, gegen die er schlägt, darbieten kann. Dadurch wird der bisherige Uebelstand vermieden, daß sich die Klöppelschläge beständig an nur zwei Punkten des Schlagringes wiederholen, wobei Eindrücke in das Glockenmetall entstehen und die Glocke endlich zerspringen muß.

Der Ton einer Glocke wird am sichersten mit der Stimmgabel geprüft; entspricht sie nämlich dem Ton der Stimmgabel, so verbreitet sich die Vibration der vorher tönend gemachten Stimmgabel, sowie dieselbe auf die Glocke aufgesetzt wird, über die ganze Glocke, während bei der geringsten Abweichung die Glocke nicht mit tönt.

§. 248.

Die Bildgießerei oder der Kunstguß.

Die **Bildgießerei** oder der **Kunstguß** (Erzguß) beschäftigt sich mit der Darstellung von Statuen und Monumenten. Wir beschreiben nur denjenigen Theil des Kunstgusses, wobei der Gießer nicht auch der Schöpfer des Modelles ist, sondern dasselbe nur zu fabrikmäßiger Vervielfältigung benutzt. Im Allgemeinen läßt sich sagen, daß der Kunstguß an und für sich seine Aufgabe um so besser gelöst, je genauer und vollständiger er das Original in allen seinen Theilen wiedergegeben hat, je weniger dabei der Nachhülfe durch Ciseliren und Ansetzen einzelner Theile überlassen ist und je dicker und fester das anzuwendende Metall war. Abgesehen von der Arbeit und den Kosten, welche die Ueberarbeitung eines Gußstückes veranlaßt, hat dieselbe den Nachtheil, daß die ursprünglichen Formen des Bildwerkes nothwendig dadurch beeinträchtigt werden. Außerdem schadet auch eine stellenweise Bearbeitung dem gleichartigen Ansehen der Oberfläche und stört somit den Effect. Zusammengesetzte Gußstücke können niemals die Dauer der aus einem Stücke bestehenden haben, während doch die Dauerhaftigkeit die erste Bedingung eines monumentalen Gusses ist. Wenn es nun bisher nur in seltenen Fällen gewagt wurde, kolossale Kunstgüsse aus einem Stücke herzustellen, so bleibt es doch immer eine billige Forderung, daß dieser Aufgabe so viel als möglich entsprochen, und das Ansetzen abgesondert gegossener Stücke wo möglich auf die unwesentlichen Theile des Gusses beschränkt, jedenfalls aber dasselbe mit

---

[1]) L. Baker, Dingl. polyt. Journ. CXLI. pag. 259.

den Formen des Gußstückes dergestalt in Einklang gebracht werde, daß die Fugen durch entsprechende Falten oder Conturen verdeckt sind (v. Steinbeis).

§. 249.

Die Formen für den Kunstguß werden auf verschiedene Weise dargestellt. Für monumentale Kunstgüsse ist folgende Methode zwar die zeitraubendste, aber auch die vorzüglichste, insofern sie die schärfsten Abgüsse liefert, die am wenigsten der Nachhülfe bedürfen. Zuerst wird ein Modell oder Musterstück erfordert, welches dem künftigen Erzgusse durchaus gleich sein muß. Zur Anfertigung des Modelles wird über einem Gerippe aus Eisenstäben das Modell aus Gyps in der wirklichen Größe nach der Regel der künstlerischen Plastik vollendet. Ueber das Originalmodell bildet man nun eine Gypsform (bon creux), nimmt sie darauf ab und stellt sie stückweise hohl zusammen, belegt dann die innere Fläche mit Wachsschichten, welche die Dicke der beabsichtigten Metallstärke haben. Sobald alle Stücke der Gypsform auf diese Weise mit Wachs belegt sind, so wird gleichzeitig in der vor dem Ofen befindlichen Dammgrube ein Gerippe oder eine Armatur des Kernes aus Eisenstäben ausgeführt, welches dem künftigen Kern zur Haltbarkeit dient und sich in den Conturen nach der Form des Kernes richtet, ohne dessen ganze Größe zu erreichen. In diesem Gerippe befinden sich zugleich jene Eisenstangen, welche dem künftigen Monument zur Befestigung an das Postament zu dienen bestimmt sind. Die Höhlung des Wachsmodelles und die Zwischenräume des Gerippes werden mit der Kernschlichte, einem Brei aus Gyps, Sand, Ziegelmehl ausgefüllt, welcher bald erhärtet und in Verbindung mit den Eisenstäben des Gerippes einen festen Kern bildet, welcher die zu tragende Last zu halten vermag. Hierauf nimmt man die äußere Gypsform ab und erhält so das ganze Modell in einem Wachsgebilde, welches bereits den Kern zur eigentlichen Form in sich schließt. Auf das Wachsmodell setzt man aus Wachs die Modelle für den Einguß, die Leitungsröhren und die Windpfeifen an. Zuletzt wird zur Anfertigung des Mantels als des letzten Theiles der Gießform geschritten, indem man das Modell etwa einen Zoll dick mit Formkitt, einer Mischung aus Lehm, Ziegelmehl und Leimwasser, überzieht, sodann gewöhnlichen Formlehm aufsetzt, und zuletzt das Ganze noch mit eisernen Reifen in Form eines Netzes umgiebt. Das Wachsmodell wird nun durch Erwärmen der Form ausgeschmolzen und das Wachs durch unterhalb derselben angebrachte Kanäle entfernt, so daß zwischen der Form und dem Kerne der leere Raum entsteht, welcher zur Aufnahme des flüssigen Metalles dienen soll. Die Form wird

scharf ausgetrocknet, hart gebrannt und in der Dammgrube mit festgestampfter Erde umgeben. Man läßt das geschmolzene Metall (vergl. Seite 206) ebenso wie bei dem Geschütz- und Glockenguß aus der Stichöffnung des Schmelzofens durch einen etwas abschüssig gemauerten offenen Kanal bis zu den Trichtern fließen, in welche die Eingüsse der Form münden. Letztere sind mit einer gemauerten Einfassung umgeben, welche das überflüssige Metall nach dem Gusse aufnehmen soll. Die Eingüsse sind mit Pfropfen verschlossen. Sobald das erwähnte Bassin mit Metall gefüllt ist, werden die Pfropfen der Eingüsse beseitigt und das Metall strömt mit solcher Schnelle in die Form, daß letztere in wenig Minuten angefüllt ist. Wenn das Einfließen ruhig von statten geht und nachdem die berechnete Quantität Metall in die Form geflossen ist, das überschüssige Metall die Eingüsse ausfüllt, so ist auf einen gelungenen Guß zu rechnen; das Ausbleiben des Metalles in den Eingüssen ist dagegen ein Zeichen, daß die Form Schaden genommen und das Metall durch dieselbe einen Ausweg gefunden hat.

§. 250.

Nach einiger Zeit, oft erst nach mehreren Tagen wird die Dammgrube aufgegraben, der Mantel losgebrochen und der Guß aus der Grube gehoben, die Angüsse werden abgesägt, der Kern und die überflüssige Armatur wird beseitigt und die Oberfläche des Gusses mit Meißel, Feile und Schabeisen bearbeitet. Um der Oberfläche eine gleichmäßige Farbe zu geben, wird sie mit verdünnter Schwefelsäure gebeizt.

Bei diesem Verfahren ist die Güte des Gusses hauptsächlich von der Vollendung abhängig, welche man dem Wachsmodell giebt; denn da dasselbe durch ein Aneinanderfügen einzelner Wachsplatten gebildet wird, so ist es erforderlich, die Nähte genau auszuarbeiten und überhaupt die fehlende Glätte und Feinheit mit dem Bossirstifte herzustellen.

Als Erfinder des Erzgusses bezeichnen bekanntlich die Griechen Rhökos und Theodoros von Samos, im Zeitalter des Cyrus, doch eröffnete erst Phidias (gegen 500 v. Chr.) eine glänzende Periode für die Bildgießerei. Er vor Allen verstand es, in seinen Götterstatuen alle Fülle der Schönheit, Würde und Anmuth der menschlichen Gestalt darzustellen. So goß er unter anderen die gegen 60 Fuß hohe Statue der Athene Promachos. Außer in Athen breitete sich auch in Sikyon im Peloponnes eine berühmte Schule von Erzgießern aus, die sich besonders durch Athletenstatuen auszeichnete, und von der namentlich Polykleitos berühmt wurde. Späterhin erhielt der Erzguß eine solche Ausdehnung, daß Lysippus allein gegen 1500 Statuen gegossen haben soll, darunter die

Alexander's des Großen. Ueber das Verfahren der Griechen bei dem Guße fehlen uns alle Nachrichten; jedoch läßt sich aus der Beschaffenheit der auf unsere Zeit gekommenen antiken Bronzen mit ziemlicher Gewißheit schließen, daß die Griechen die beschriebene Methode in Anwendung gebracht haben. Im Mittelalter bediente man sich gleichfalls der Wachsformen, wie dies Benvenuto Cellini ausdrücklich beschreibt. Auch in neuerer Zeit ist diese Methode noch in einzelnen Fällen hin und wieder gebräuchlich.

§. 251.

Eine andere Art, Formen zum Kunstguß darzustellen, ist der Sandformerei entlehnt und als die in der neueren Zeit allgemein gebräuchliche zu betrachten. Es wird nämlich über das zu gießende Modell eine aus Kernstücken bestehende ächte Form von Formmasse gebildet, die man vom Modell abnimmt, und worin man den Kern erzeugt, indem man entweder die hohle zusammengestellte Form mit einer breiartig bereiteten Kernmasse ausfüllt, wodurch man nach dem Auseinandernehmen der Form das Abbild des Modelles in Kernmasse erhält, von dessen ganzer Oberfläche nunmehr die beabsichtigte Metallstärke abgeschnitten wird; oder, indem man die Form mit Thonplatten, welche gleichfalls die Metallstärke repräsentiren, auslegt und den inneren Raum mit Kernmasse ausfüllt. Werden nun die Thonplatten entfernt, so entsteht gleichfalls der zur Aufnahme des geschmolzenen Metalles erforderliche hohle Raum. Diese Methode erfordert natürlich viel mehr Geschicklichkeit und Sorgfalt als die erstere, bei welcher durch Ausschmelzen des Wachses der leere Raum entsteht, weil man die Formen, um das Modell herauszubekommen, aus einer großen Anzahl von Stücken zusammensetzen muß. Dessen ungeachtet geht dieses Verfahren schnell von statten und gewährt den Vortheil, daß nach demselben Modell eine größere Anzahl von Exemplaren gefertigt werden kann.

Was der Kunstguß der Gegenwart zu leisten vermag, das haben die Werkstätten von Stiglmayr, Miller, Burgschmitt und die Berliner Gießerei, in der Bavaria, in dem Denkmal Friedrichs des Großen, in dem Radetzky-Monument u. a. gezeigt.

§. 252.

Die Bronzestatuen nehmen, der Luft und Witterung ausgesetzt, den bekannten grünen, aus basisch kohlensaurem Kupferoxyd (von der Zusammensetzung des Malachits) bestehenden Ueberzug an, der unter dem Namen Patina (patina antique, patina verte) bekannt, der Bronze einen Schutz gegen weitere Oxydation und die Einwirkung der feuchten Atmosphäre ge-

währt, zugleich als ein Zeichen des höheren Alters der Bronze betrachtet wird. Aus diesem Grunde und wegen der angenehmen Farbe hat man sich vielfach bemüht, auf künstlichem Wege einen derartigen Oxydüberzug hervorzubringen. Dabei ist es wesentlich, daß der Ueberzug außer der passenden Farbe auch die nöthige Gleichmäßigkeit erhalte, daher es sich weniger um die Bestandtheile der angewendeten Flüssigkeiten handelt, da bekanntlich fast alle Säuren, Salze und Fette die Bildung des grünen Ueberzugs hervorrufen, als vielmehr, daß die Flüssigkeiten die nöthige Verdünnung haben und allmälig und gleichmäßig aufgetragen werden. Man bedient sich zur Erzeugung von künstlicher Patina besonders des Essigs, des salpetersauren Kupferoxydes, des Salmiaks, des zweifach oxalsauren Kalis und ähnlicher Verbindungen. Vorschriften hiezu sind in großer Anzahl gegeben worden. Man löst z. B. 1 Th. Salmiak, 3 Th. Kochsalz, 3 Th. Weinstein in 12 Th. Wasser und setzt 8 Th. verdünnte salpetersaure Kupferoxydlösung hinzu, oder man wendet eine Lösung von Kupfer in Salpetersäure an, die mit Wasser gehörig verdünnt und mit etwas Salpetersäure versetzt ist. Mit dieser Flüssigkeit wird wiederholt die Bronze bestrichen, die an einem etwas feuchten Orte sich befindet, wodurch in kurzer Zeit ein grüner, fest anhaftender Ueberzug von Patina sich bildet. Zur Bildung von Patina für kleinere Gegenstände schlägt Elsner vor, ein mit Kochsalzlösung gefülltes und durch Kochsalzlösung abgesperrtes Gefäß mit kohlensaurem Gase fast vollständig zu füllen und den gut gereinigten Gegenstand, nachdem er einmal in verdünnten Essig getaucht wurde, sogleich in diesen Raum zu bringen. Für größere Gegenstände nimmt man ausgepichte oder mit Blei ausgeschlagene Holzgefäße. In einigen Wochen entsteht der Ueberzug.

Damit der Ueberzug dauerhaft sei und fest anhafte, so daß der Regen ihn nicht abwäscht, ist es nothwendig, daß derselbe langsam sich erzeuge.

§. 253.

Die Messinggießerei.

Nächst dem Eisen findet kein Metall und keine Legirung eine so allgemeine Anwendung zu Gußwaaren als das Messing. Das Gießen des Messings (vgl. Seite 209) und die Herstellung der Formen ist Gegenstand der Gelbgießerei; die Rothgießerei, welche das rothe Messing oder das Tombak verarbeitet, stimmt mit der Gelbgießerei im Wesentlichen überein. Die Gelbgießerei bildet einen Gewerbszweig, welcher eine große Anzahl der verschiedenartigsten Artikel umfaßt, theils für die Bedürfnisse des gewöhnlichen und industriellen Lebens bestimmt, theils aber auch dem Luxus angehörig. Bei den Artikeln der ersten Art, z. B. Leuchtern, Faßhähnen, Ven-

tilen, Pumpen- und Spritzenkörpern, Thürgriffen, Wäschplatten, Mörsern, kleinen Glocken und Schellen, Einsatzgewichten ꝛc. ist Form und Größe in der Regel durch die Art der Anwendung genau vorgeschrieben und die äußere Ausstattung bleibt in sofern Nebensache, als es hauptsächlich nur darauf ankommt, mit Beibehaltung der natürlichen Metallfarbe eine glatte, leicht zu reinigende Oberfläche herzustellen. Bei den dem Luxus angehörigen Artikeln ist entweder eine solche Bedingung hinsichtlich der Gestalt und Größe nicht oder nur in geringem Grade vorhanden; die äußere Form ist mehr von dem Geschmack und dem Kunstsinn des Verfertigers abhängig, und weil dabei der Kostenpunkt einigermaßen in den Hintergrund tritt, so wird zur Erhöhung des äußeren Ansehens die Oberfläche derartiger Artikel meist ciselirt, bronzirt, sehr häufig auch vergoldet. Dergleichen Gegenstände, deren Herstellung später beschrieben werden wird, werden unter der Benennung der Gürtler- oder Bronzewaaren zusammengefaßt.

Die Messinggießerei im weiteren Sinne zerfällt in:

1) das Schmelzen des Messings;

2) die Anfertigung der Gießformen;

3) das eigentliche Gießen.

§. 254.

Es werden entweder in der Messinggießerei altes Messing und Messingabfälle eingeschmolzen oder es wird das von den Messinghütten gelieferte Stückmessing angewendet. Früher wurde es fast allgemein in den Gießereien aus Kupfer und Zink oder Galmei und Kohle (siehe Seite 210) zusammengesetzt; jetzt geschieht dasselbe nur dort, wo es behufs der Herstellung von Güssen mit genau bestimmten Eigenschaften von Wichtigkeit ist, genau die quantitativen Verhältnisse der Bestandtheile zu kennen. Zum Schmelzen wendet man allgemein Graphittiegel an, welche bei Koksfeuerung 6—8, bei Holzkohlen gegen 12 Schmelzungen aushalten. Ein Tiegel enthält gewöhnlich 25—30 Pfd. Messing.

Der Formsand ist ein thonhaltiger Sand, welcher mit Wasser befeuchtet und durchgearbeitet, die nöthige Bildsamkeit besitzen muß; magerem Thone, dem es an Bindekraft fehlt, setzt man vor dem Anmachen etwas Mehl zu oder nimmt zum Anmachen anstatt des Wassers dünnen Stärkekleister, Dextrinlösung, auch wohl verdünnten Zuckersyrup. Zu fetter Sand wird mit Kohlenstaub vermischt, welcher außerdem auch die Formen weniger wärmeleitend macht, wodurch das eingegossene Messing nicht zu schnell abkühlt.

Die Modelle sind gewöhnlich von Holz und nur zur Herstellung von stehenden Artikeln von Metall (Zinn, Messing). Die hölzernen Modelle werden zweckmäßig mit einer Auflösung von Schellack in Weingeist überstrichen, damit sie von der Feuchtigkeit des Formsandes nicht leiden. Bei der Herstellung des Modells ist das Schwinden und auch der Umstand zu berücksichtigen, daß die gegossenen Gegenstände noch einer ferneren Bearbeitung ihrer Oberfläche unterliegen, weshalb das Modell immer etwas größer sein muß, als der herzustellende Gegenstand. Solche Waaren, welche wegen ihrer Gestalt nicht im Ganzen gegossen werden können, werden in Stücken modellirt, geformt, gegossen und zusammengelöthet.

Das Einformen geschieht auf dieselbe Weise wie die Kastenformerei bei der Eisengießerei. Die Form- oder Gießflasche (chassis, *flask*) besteht aus zwei, seltener aus drei eisernen oder messingenen, seltener hölzernen Rahmen von viereckiger oder ovaler Gestalt, welche durch Oehre, Stifte &c. das richtige Aneinanderpassen beider Theile erleichtern und nach dem Zusammensetzen die Verschiebung verhindern.

Beim Formen wird der eine Rahmen der Formflasche mit Formsand angefüllt und leicht niedergedrückt. In dem Sande werden die Modelle nach ihrer verschiedenen Gestalt theils halb, theils mehr, theils weniger abgeformt. Eine Kugel darf z. B. nie tiefer als ihr größter Umkreis ist, eingedrückt werden, da sie sonst nach dem Abformen nicht aus der Flasche gehoben werden könnte, ohne die Ränder der Form zu zerstören. Unterhöhlungen und Einspringungen werden aus ähnlichen Gründen am Modell vermieden. Nachdem die Modelle eingedrückt sind und der Rahmen nebst den Modellen mit Kohlenstaub bestreut, wird der zweite Rahmen aufgesetzt, wird gleichfalls mit Sand angefüllt, die Füllung durch Hin- und Herwälzen einer schweren eisernen Kugel zusammengepreßt und endlich der überschüssige Sand mit einem Lineale abgestrichen. Der zwischen beiden Formen befindliche Kohlenstaub verhindert das Aneinanderhaften der Scheidungsfläche der Formen. Nach beendigtem Formen wird die Flasche auseinandergelegt, wobei die Modelle in dem unteren Rahmen bleiben, weil sie von dem Formsande fester umgeben sind, als in dem oberen Rahmen. Die Modelle werden nun mit Vorsicht entfernt. Die eingeformten Höhlungen werden durch Rinnen mit einander verbunden. Die Hauptrinne wird wie bei der Eisengießerei (vgl. Seite 232) gewöhnlich schon beim Formen mit erzeugt, von dieser gehen seitwärts Zweige in die einzelnen Formen. Die fertig geformten Flaschen werden am Feuer getrocknet; die Formseite überzieht man nach gehörigem Trocknen gewöhnlich mit Ruß, worauf die zum Gusse hohler oder solcher Gegenstände, welche bedeutende Vertiefungen enthalten, bestimmten Kerne oder Dorne

aus Lehm eingelegt und an beiden Seiten mit Bretern belegt, in die Formpresse gebracht werden, in der man sie fest zusammenspannt.

§. 255.

Das Gießen geschieht auf folgende Weise: Der Gießer faßt mit einer Gießzange, deren Kreismaul den Tiegel umspannt, oder deren Winkelmaul den Rand des Tiegels packt, den Tiegel, welcher das geschmolzene Messing enthält, und leert ihn durch allmäliges Neigen in die Form, welche bis an die Mündung des Eingusses herauf vollgegossen werden muß. Das Messing muß im Augenblick des Ausgießens die gehörige Temperatur haben; zu wenig heiß rinnt es zu langsam und füllt wol auch die vom Eingusse entfernteren Theile nicht aus; zu heiß, nimmt der Guß leicht eine poröse Beschaffenheit an. Im Allgemeinen ist es besser, so kühl als nur möglich zu gießen. Sofort nach dem Erstarren müssen die Formen geöffnet und die Stücke herausgenommen werden, außerdem würde in vielen Fällen ein Zerreißen des Gusses zu befürchten sein. Da das Messing beim Erkalten sich kräftig zusammenzieht, muß es, da der Sand in der geschlossenen Form das Zusammenziehen verhindert, abreißen, was natürlich an der dünnsten Stelle geschieht. So geht ein Messingrad mit schwachen Speichen ohne Weiteres durch Abreißen der Speichen verloren, wenn man es nach dem Erkalten in der Sandform an den gefährlichen Stellen nicht sogleich bloß legt. In anderen, wiewohl seltenen Fällen muß die Form lange bedeckt bleiben und der Messingguß langsam abgekühlt werden, wenn nämlich z. B. eine Messingwalze über einer dicken eisernen Axe gegossen wird und man vor dem vollständigen Erkalten die Form entfernt, so erhält die Walze an der Oberfläche häufig Risse und Sprünge und wird dadurch für manche Zwecke vollkommen unbrauchbar. Die Ursache liegt auch hier in dem kraftvollen Zusammenziehen des Messings beim Erkalten. Die in der Mitte der Walze liegende eiserne Axe kühlt sich später ab und zieht sich daher auch später zusammen als das Messing, dessen Zusammenziehung durch das Eisen gehindert wird. Das Messing muß daher nothwendigerweise reißen. Gleichmäßige Abkühlung ist demnach hier unumgänglich nothwendig. Auch legt man das Eisen zuweilen unmittelbar vor dem Gusse in die Form, damit es sich nach demselben gleichfalls zusammenzieht.

Auch in anderen Fällen ist das Zusammenziehen des Messings während des Erkaltens zu berücksichtigen. Soll z. B. über einer eisernen Schraube eine Messingmutter gegossen werden, so würde, wenn man das Metall sofort über die als Kern eingelegte eiserne Schraube gösse, das Messing entweder zerreißen oder nach dem Erkalten so fest auf der Spindel fest-

sitzen, daß man die Schraube nicht losdrehen kann. Wird aber die Schraube vorher mit Lehmwasser bestrichen, so daß gleichsam eine Rinde sich bildet, so kann sie umgossen werden. Der dünne Lehmüberzug läßt sich durch Wasser leicht entfernen und die Mutter kann auf der Schraube gedreht werden.

Der Lehmguß kommt in der Messinggießerei nur bei der Herstellung von Feuerspritzenstiefeln und Walzen zum Zeugdruck vor.

Nach dem Erkalten der Messinggußstücke werden dieselben von dem anhängenden Sande und den Angüssen oder Gußköpfen befreit und auf den Gußnähten mit der Feile bearbeitet.

§. 256.

Die Bleigießerei.

Obgleich das Blei (vgl. Seite 100) in Folge seines niederen Schmelzpunktes zur Gießerei sehr geeignet erscheint, so steht doch der Anwendung seine große Weichheit und geringe Festigkeit im Wege. Die einzigen regelmäßig vorkommenden Bleigußwaaren sind Flintenschrot, Gewehrkugeln, Bleiplatten, Bleiröhren und Buchdruckerlettern, deren Herstellung im Folgenden beschrieben werden soll. Andere Bleigußwaaren, wie chemische Geräthe (z. B. zur Darstellung der Flußsäure) und Bleisiegel (Plomben) für die Mauth haben geringere Wichtigkeit.

§. 257.

Die Flintenschrotfabrikation.

(Schrotgießerei.)

Der Flintenschrot (Hagel, Schießhagel, dragée, grenailles de plomb, plomb granulé, plomb de chasse, *shot*) ist bezüglich seiner Herstellung insofern interessant, als man sich dabei keiner Gießform bedient, da er in der That aus erstarrten Bleitropfen besteht.

Die Schrotfabrikation begreift fünf verschiedene Operationen:

1) das Schmelzen des Bleies;
2) das Körnen des geschmolzenen Metalles;
3) das Sortiren der Bleikörner nach ihrer Größe;
4) die Sonderung der unregelmäßig geformten Schrotkörner von den runden;
5) das Scheuern und Glätten der Körner.

Reines Blei wird in der Schrotfabrikation nicht angewendet, sondern stets mit geringen Quantitäten Arsenik legirt, wodurch es die Eigenschaft erhält, sich leichter körnen zu lassen. Die Menge des zuzusetzenden Arseniks

richtet sich nach der Qualität des angewendeten Bleies. Gewöhnlich setzt man 0,3 — 0,8 Proc. Arsenik hinzu. Die Erfahrung ist der herrschenden Meinung, daß Hartblei (antimonhaltiges Blei) leichter zu körnen sei, geradezu entgegen. Nach den Versuchen von Sautel erfordern 1000 Kilogr. weiches Blei nur 2,5 Kilogr. Schwefelarsenik, während Hartblei, welches 3 Proc. Antimon enthält, ungefähr 5 Kilogr. Schwefelarsenik braucht. Zu viel Arsenik bewirkt eine linsenförmige Abplattung der Körner, zu wenig eine länglichrunde Form. Man setzt das Arsenik entweder in Natur, oder als Schwefelarsenik oder arsenige Säure zu, und zwar, indem man entweder eine arsenikreiche Legirung darstellt, die man dem granulirenden Blei zugiebt, oder indem man der schmelzenden Bleimasse jedesmal erst Arsenik zusetzt.

Nach dem ersten Verfahren schmilzt man 500 Kilogr. weiches Blei in einem eisernen Kessel und streut während des Schmelzens auf das Blei ein paar Schaufeln voll Asche, so aber, daß die Mitte des Bleibades davon frei bleibt. Darauf giebt man in die Mitte 10 Kilogr. Arsenik (Scherbenkobalt) und lutirt den eisernen Deckel auf den Kessel, um der Verflüchtigung des Arseniks vorzubeugen. Nach 3—4 stündigem Feuern wird das Metall in Gießformen gegossen. Soll granulirt werden, so setzt man zu 500 Kilogr. weichem Blei ein Gußstück der Arseniklegirung und probirt das wohl umgerührte Gemisch, indem man einige Tropfen ins Wasser fallen läßt, die, wenn die Legirung die gehörige Beschaffenheit hat, Kügelchen bilden müssen.

Nach der zweiten Methode setzt man dem geschmolzenen Blei nach und nach das Arsenik, gewöhnlich als Realgar (Seite 146) zu. Man schmilzt zu diesem Zwecke 2000—2400 Kilogr. Blei in einem gußeisernen Kessel und bedeckt die Oberfläche des Metalles mit etwas Talg, der theils die Orydation verhindern, theils das schon entstandene Oryd reduciren soll. Darauf giebt man das Realgar unter beständigem Umrühren hinzu. Die Oberfläche überzieht sich nun mit Gekrätz, das man anfangs mit einem Schaumlöffel abnimmt; die letzten, stark metallischen Antheile des Gekrätzes werden als Filter angewendet, durch welches man das Blei beim Granuliren fließen läßt. Das Hartblei erfordert deshalb mehr Realgar als das weiche Blei, weil das Antimon des Hartbleies sich auf Kosten des Schwefelarseniks schwefelt, welches mithin als Reinigungsmittel wirkt. Es entstehen ohne Zweifel in diesem Falle Doppelsulfide, welche das Gekrätz bilden.

Setzt man das Arsenik als arsenige Säure oder gediegen zu, so bedeckt man die Oberfläche des geschmolzenen Bleies mit Kohlenstaub und steigert die Hitze sofort bis zur Rothgluth. Das Arsenik wird in grobes Papier

gewickelt in einem eisernen Drahtkorbe in das geschmolzene Blei eingetragen und gut umgerührt.

§. 258.

Zum Körnen des Bleies bedient man sich Blechkessel mit flachem Boden (Schrotform, fond, passoire, *card*), die siebartig mit runden Löchern von gleichem Durchmesser versehen sind. Die Größe der Löcher richtet sich nach der herzustellenden Schrotnummer. Wollte man das Blei einfach in die Schrotform gießen, so würden sich weit mehr ovale, als runde Körner bilden. In der Form muß sich daher eine poröse Masse befinden, welche sich fest an die Wände anlegt und das flüssige Blei in einer Temperatur erhält, daß es weder zu leicht noch zu schwierig durch die Poren fließt. Dazu eignet sich das erwähnte, von dem geschmolzenen Metalle abgeschöpfte Gekrätz. Indem sich das flüssige Metall durch das Gekrätz einen Weg brechen muß und in einzelnen Tropfen durch die Formlöcher fließt, nimmt es während des freien Falles, wie die Tropfen jeder anderen Flüssigkeit, Kugelgestalt an. Die Temperatur des geschmolzenen Bleies richtet sich nach der Schrotnummer; bei grobem Schrot muß sie so sein, daß ein hineingehaltener Strohhalm kaum gebräunt wird. Die Fallhöhe ist gleichfalls nach der Größe der Schrotkörner verschieden. Eine Höhe von 120 Fuß genügt für feinere Sorten (Nr. 4 bis 9), für gröbere (Nr. 0 bis 4) ist eine Höhe von 180 Fuß nöthig. Man erbaut eigene hohe thurmartige Gebäude, auf deren Höhe sich die Schrotform befindet. Statt der Thürme kann auch ein tiefer Brunnen oder ein Schacht dienen. Die schon während des Herabfallens erstarrten Schrotkörner werden in einem Gefäße mit Wasser aufgefangen, welches auf 100 Th. 0,025 Th. Schwefelnatrium gelöst enthält, um durch Bildung eines dünnen Ueberzugs von Schwefelblei die Oxydation der Schrotkörner an der Luft zu verhindern. Es soll zur Hervorbringung der vollkommenen Kugelgestalt der Schrotkörner zweckdienlich sein, das Wasser mit einer Oelschicht von einigen Zollen Höhe zu bedecken; bei Anwendung einer einen Fuß dicken Talgschicht soll die Fallhöhe beträchtlich vermindert werden können.

Nach einem durchaus verschiedenen Principe wird der sogenannte Centrifugalbleischrot dargestellt. Man dreht nämlich eine horizontale Scheibe, welche auf einer vertikalen Spindel befestigt und mit einer siebartig durchlöcherten Seitenwand aus Messingblech versehen ist, mit einer Randgeschwindigkeit von 1000 Fuß per Minute und gießt die geschmolzene Bleilegirung auf dieselbe. Das Metall wird durch die Löcher der Seitenwand in Folge der Centrifugalkraft in regulären, glänzenden, gleichgroßen Kör-

nern auf einen um die Scheibe kreisförmig angebrachten Schirm aus Leinwand geworfen, ohne daß dieselben oval oder cylindrisch werden. Die gleichfalls in Centrifugalbewegung versetzte und sich mit großer Geschwindigkeit erneuernde Luftmasse bringt die Körner zum Erstarren, noch ehe sie den Leinwandschirm berühren.

§. 259.

Die beim Durchgehen durch eine und dieselbe Schrotform entstehenden Körner sind nicht von gleicher Größe. Es scheint, daß die weniger heiße Mitte größere Körner liefert als die Seitenwände der Form, welche mit glühenden Kohlen umgeben ist. Man entfernt daher die Schrotkörner aus dem Wasser mit Hülfe eines Beutelsackes, der mit einem langen Stiele versehen ist (in einigen Gießereien werden die Körner auch in einem, an einer Rolle hängenden Zwillichbeutel aufgefangen, der sich in dem Wasser eingetaucht befindet; nach jedem Gusse wird der Beutel in die Höhe gezogen und das Wasser läuft während des Aufziehens ab), trocknet sie ab und *sortirt* sie durch Siebe mit kreisrunden Löchern, welche mittelst Riemen über einem Kasten aufgehangen werden, in welchen die durchfallenden Körner gelangen. In der Regel hängt man zwei Siebe über einander, welche nur durch eine Nummer von einander verschieden sind. Man beginnt mit Nr. 1 oder Nr. 2, so daß Nr. 0 im oberen Siebe, Nr. 1 im unteren Siebe liegen bleibt, während die übrigen Nummern in den Kasten fallen und in gleicher Weise mit den darauf folgenden Siebnummern behandelt werden. Man bedient sich auch auf das nämliche Princip sich gründender *Sortirmaschinen*, welche durch eine mechanische Vorrichtung in eine rüttelnde Bewegung versetzt werden.

Sind die Schrotkörner nach der Größe sortirt, so müssen auch noch diejenigen *abgesondert* werden, welche nicht vollkommen rund sind oder andere Fehler haben. Zu diesem Zwecke bedient man sich einer etwas gegen den Horizont geneigten und mit Randleisten versehenen langen Tafel, an deren Seiten Rinnen angebracht sind, und welche in horizontaler Richtung hin- und herbewegt wird. Die runden Körner fallen in einen Kasten, der zu ihrer Aufnahme bereit steht, während die fehlerhaften, birnförmigen Schrote entweder liegen bleiben oder seitwärts in die Rinne und von da in einen besonderen Kasten laufen.

§. 260.

Die letzte Operation ist das *Scheuern* und *Glätten* (roder, lustrer). Zu dem Ende giebt man sie neben Graphit (auf 100,000 Th.

Schrot 6 Th. Graphit) in die Scheuertonne, die sich um eine eiserne horizontale Axe bewegt, und läßt so lange rotiren, bis der Schrot den erforderlichen Grad von Glätte und Glanz erlangt hat. Anstatt des Graphits hat man in England Quecksilber oder Zinnamalgam zum Ueberziehen der Schrotkörner angewendet, wodurch die Körner einen vorübergehenden weißen Glanz annehmen; das Quecksilber erhöht jedoch die Fabrikationskosten, ohne das Fabrikat zu verbessern. Wenn eine weiße oder bronzeähnliche Farbe der Schrotkörner verlangt würde, möchte es zweckmäßiger sein, beim Glätten anstatt des Graphits Bronzepulver in die Scheuertonne zu geben. Der Bleiverlust in der Schrotfabrikation beträgt gegen 2 Proc.

Gewöhnlich werden zehn verschiedene Schrotkaliber gefertigt und zwar von Nr. 0, dem gröbsten, bis zu Nr. 9 oder 10, dem feinsten. Die kleinsten Körner führen den Namen Vogeldunst (cendrée, *dust shot*).

§. 261.

Die Kugelgießerei.

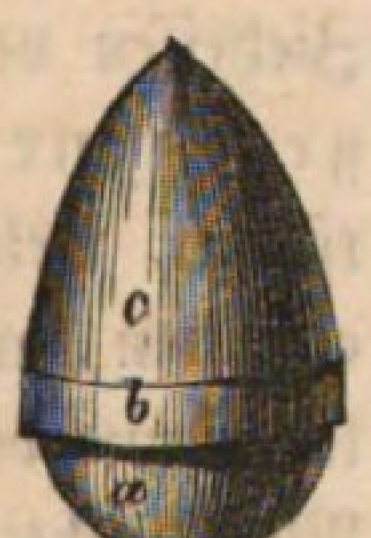
Die Gewehr- oder Flintenkugeln (balles, *bullets*) werden in den Kugelformen (moule à balles, *bullet mould*) gegossen. Dieselben sind von Eisen und stets zweitheilig, so daß jeder Theil die halbe Höhlung der Kugel enthält, welche beide zusammen die Kugelform bilden. Gewöhnlich hat die Kugelform die Gestalt einer Zange, deren dicker Kopf die eigentliche Form enthält, während die Griffe zum Oeffnen und Schließen derselben dienen. Von der Kugelhöhlung geht ein engeres Loch aufwärts, das auf der oberen Fläche in einen zum Eingießen bequemen Trichter ausmündet. Selten befinden sich mehrere Kugelhöhlungen in einer Form. Beim Kugelgießen wird auch der Einguß mit Blei ausgefüllt und es ist dies sogar unumgänglich nothwendig, weil außerdem durch die starke Zusammenziehung des erstarrenden Bleies sich Kugeln mit trichterförmigen Einsenkungen bilden würden. Der Anguß muß demnach beseitigt werden. Dies kann auf verschiedene Art geschehen, so z. B. mit einer Kneipzange oder mit einer Scheere u. s. w. Da gewöhnlich ein Theil des Halses an der Kugel zurückbleibt oder an der Stelle des Eingusses eine platte Fläche entsteht, so tritt durch das Abzwicken oder Abschneiden des Eingusses eine Beeinträchtigung der Kugelgestalt ein, durch welche ihr Schwerpunkt excentrisch und der Sicherheit des Schusses geschadet wird. Es sind, um diesem Uebelstande abzuhelfen, mehrfache Vorrichtungen ersonnen worden, durch die der Anguß nicht platt, sondern rund abgeschnitten wird; bei diesen Vorrichtungen sind die Schneiden dort, wo sie an der Kugel vorbeigehen, kugelförmig ausgehöhlt und wirken nach einem Bogen, dessen Halbdurchmesser mit dem der

Kugel zusammenfällt. Die gegossenen Bleikugeln haben häufig im Innern Luftblasen und Höhlungen und deshalb ein sehr verschiedenes Gewicht und die Schießresultate entbehren aus diesem Grunde der erforderlichen Gleichmäßigkeit. Um diesem Uebelstande zu begegnen, hat man vorgeschlagen, die Kugeln in einer Prägpresse zu verfertigen, in welcher statt der Stempel zwei halbkugelförmige, genau zusammenpassende Schalen sich befinden, zwischen welchen die etwas größer gegossenen Kugeln, einzeln eingelegt, ihre vollendete Form erhalten sollen. Dieses Prägen verursacht eine Verdichtung des Bleies, allein der Unterschied im specifischen Gewichte und die größere Schußweite, auf welche man dabei rechnete, sind zu unbedeutend, um die Mehrausgabe für den Preßapparat zu vergüten. Man hat auch auf andere Art gepreßte Kugeln herzustellen versucht, bei welchen das Gießen umgangen ist; es werden dabei Bleicylinder von dem Durchmesser der herzustellenden Kugeln gegossen, aus diesen Cylindern preßt man mittelst eines Druckwerkes die Kugeln, welche dadurch massiv und von gleichem Durchmesser ausfallen.

Die kleinste Sorte der gegossenen Kugeln führt den Namen Rehposten (chevrotines, postes).

Die in neuerer Zeit für gezogene Gewehre in Anwendung gekommenen Spitzkugeln haben je nach den verschiedenen Ländern eine verschiedene Gestalt; die Spitzkugeln für die preuß. Gewehre (Fig. 67) sind z. B. zusammengesetzt aus einem halbkugelförmigen Theile a, einem kurzen cylindrischen b von etwas größerem Durchmesser und einem zuckerhutähnlichen c. Nach dem Vorschlage von Tamisier ist behufs der Verbesserung der Trefffähigkeit der Schwerpunkt möglichst weit nach vorn gelegt und daher an dem cylindrischen Theile drei kleine scharfkantige Vertiefungen in Ringform angebracht, welche bei dem dadurch hervorgerufenen Widerstande in der Luft hinter dem Schwerpunkte ein Hinderniß darbieten, die Axe des Geschosses aus der Tangentiallinie der Flugbahn zu bringen; es war ferner die Spitze des Zuckerhutes etwas abgerundet. Minié hat zu seinem Gewehre eine Spitzkugel construirt, die der von Tamisier gleich ist und nur in dem unteren Theile eine Aushöhlung hat, in welche ein eiserner Spiegel kommt, der durch die Ausdehnung des Pulvers eine Auftreibung des Bleies und die Führung der Kugel durch die Züge des Gewehres, also das Nämliche bewirkt, was bei den Stiftgewehren, bei welchen sich in der vorderen Fläche der Schwanzschraube ein mit seiner Axe genau in der Seelenaxe des Rohres stehender Dorn eingeschraubt befindet, durch die Auftreibung der Kugel auf den Dorn mittelst des Ladestockes geschieht.

Fig. 67.



§. 262.

Die Fabrikation der Bleiplatten und Bleiröhren.

Die Fabrikation der Bleiplatten durch Gießen wird im Allgemeinen nur noch bei Platten von mittlerer Dicke angewendet; dünnere Platten werden aus den dickeren leichter durch Auswalzen hergestellt. Das Gießen geschieht gewöhnlich auf einer eichenen, tischähnlichen Fläche, welche an drei Seiten mit niedrigen Leisten eingefaßt ist, welche so weit hervorragen, als die Dicke der herzustellenden Bleiplatte beträgt. Ihre Oberfläche ist mit feingesiebtem Sande bedeckt. Das geschmolzene Blei wird über die Fläche ausgegossen und mit dem Streichholze, welches auf den Seitenleisten ruht, abgestrichen. Dünnere Tafeln rollt man über eine hölzerne Walze und erhält auf diese Weise das Rollblei. Auch bei großer Uebung der Arbeiter können doch auf diese Weise keine ganz gleichen, glatten und dünnen Bleiplatten erhalten werden. Um diese Mängel zu beseitigen, werden die Bleiplatten oft in eigene Formen gegossen, welche aus Platten zusammengesetzt sind. Dünne Bleiplatten (Tabakblei, Bleipapier) werden jetzt ziemlich allgemein durch Walzen dargestellt, früher goß man sie in aufgespannte Leinwand, welche mit einer Mischung von Kreide und Eiweiß überstrichen war.

Bleiröhren von einem Durchmesser von $\frac{1}{2}$—3 Zoll, wie sie häufig zu Gas- und Wasserleitungen Anwendung finden, werden mit dicker Wand gegossen und darauf durch Ziehen über einen Dorn und durch stählerne Zieheisen verdünnt und in die Länge gestreckt. Man nennt solche Röhren gezogene Röhren (tuyaux etirés, *drawn tubes*). Eine Länge der Bleiröhren, welche mehr als 10—12 Fuß beträgt, ist durch das Ziehen nicht zu erreichen, weil die Kostspieligkeit der Dorne, die Schwierigkeit ihrer Herstellung und des Wiederherausschaffens derselben aus den fertigen Röhren im Wege steht. Durch eine sinnreiche Abänderung des Verfahrens, nach welchem der ungefähr sechs Zoll lange Dorn nicht mehr mit der Bleiröhre durch das Ziehloch geschoben wird, sondern innerhalb des Ziehloches an seinem Platze schweben bleibt, während die Röhre allein durch den ringähnlichen Raum zwischen dem Dorn und dem Ziehlochumkreise fortgezogen wird, ist man dahin gelangt, Bleiröhren bis zu 100 Fuß Länge zu ziehen. In der neueren Zeit sind indessen die gezogenen Bleiröhren fast ganz durch die gepreßten Röhren (tuyaux par compression) verdrängt worden. Das Princip der Anfertigung dieser Röhren ist dem gleich, nach welchem man aus Mehlteig die Maccaroni, aus Graphitbrei die Bleistifte, aus nassem Thon Röhren bildet. Die Vorrichtung dazu ist der Grundidee nach eine

große starke, mit dem zu pressenden Blei gefüllte Spritze, deren Stempel einwärts getrieben, das Blei durch die Mundöffnung herausdrängt. Vor der Oeffnung, in der Verlängerung der Spritzenaxe, befindet sich ein Dorn, dessen Durchmesser kleiner ist als der der Oeffnung. Das herausgepreßte Blei muß demnach als eine Röhre erscheinen, deren äußerer Durchmesser gleich ist der Weite der Spritzenöffnung, deren innerer Durchmesser aber gleich ist der Dicke des erwähnten Stiftes.

Man unterscheidet das Kaltpressen und das Heißpressen. Bei ersterem wird das Blei in festem Zustande behandelt, indem man eine gegossene Bleiröhre von $1^1/_2$ — 3 Fuß Länge, einer Wanddicke von 2—3 Zoll und einem beliebigen inneren Durchmesser in einen eisernen starken Cylinder, die Preßform genannt, einschiebt und vermittelst des durch eine hydraulische Presse nachgeschobenen Stempels durch die enge Mundöffnung herauspreßt. Die Wanddicke des sich bildenden Rohres beträgt in der Regel nicht über 1 — 2 Linien, die innere Weite bleibt unverändert die der gegossenen Röhre, die zu erreichende Länge ist von den Umständen abhängig. Reducirt man z. B. ein 2 Zoll weites Rohr von 3 Zoll Wanddicke auf $^1/_8$ Zoll Wandstärke, so verlängert sich jeder Zoll der gegossenen Röhre auf fast $56^1/_2$ Zoll der gepreßten. Bei dem Heiß- oder Warmpressen wird die Preßform von außen so weit erhitzt, daß das Blei eben noch geschmolzen bleibt, beim Austreten aus der Oeffnung, in welcher die Röhrenbildung vor sich geht, aber sogleich erstarrt, zu welchem Zweck auch wohl eine besondere Kühlvorrichtung angebracht ist. Das Warmpressen erfordert geringere Preßkraft als das Kaltpressen. Durch Nachgießen von Blei in die Form kann der Röhre eine beliebige Länge gegeben werden.

§. 263.

Die Herstellung der Buchdruckerlettern.

Die Herstellung der Buchdruckerlettern (Schriften, Typen, caractères d'imprimerie, *printing types*) geschieht durch die Schriftgießerei (fonderie de caractères, *type founding*). Das Material zu den Lettern ist das Letternmetall (Schriftgießermetall, Schriftzeug, Zeug), wie bekannt, eine Legirung aus Blei und Antimon, welche einen etwas niedrigeren Schmelzpunkt besitzt als Blei, sich in dünnen Stücken etwas biegen läßt, einen ziemlichen Grad von Härte besitzt, durch welche es der Beschädigung durch die Presse und zu schneller Abnutzung widersteht und endlich im geschmolzenen Zustande sehr dünnflüssig ist und daher selbst die feinsten Vertiefungen sehr gut ausfüllt. Letztere, für seine Anwendung zur Herstellung der Typen wichtige Eigenschaft hat in dem Umstande ihren

Grund, daß es im Erstarrungsmomente sich etwas ausdehnt. Die Gewichtsverhältnisse der beiden Metalle sind nicht überall gleich, doch möchten 3 Th. Blei auf 1 Th. Antimon und 6 Th. Blei auf 1 Th. Antimon als die äußersten Grenzen zu betrachten sein. In der Regel nimmt man 4 bis 5 Th. Blei auf 1 Th. Antimon. In einzelnen Gießereien setzt man zu der Legirung kleine Mengen von Kupfer, Eisen, Zink und Zinn. Obgleich nun diese Zusätze unzweifelhaft dem Letternmetall größere Härte und Haltbarkeit ertheilen, so steht doch der erzielte Vortheil mit den größeren Kosten für Feuerung und dem langsameren Gießen der Lettern nicht im geeigneten Verhältnisse, weshalb derartige Zusätze zu der Antimon-Bleilegirung nicht zu empfehlen sind. Das gewöhnliche Letternmetall wird, wie aus der Praxis bekannt ist, oft ohne genau auszumittelnde Ursache, auf der Oberfläche oxydirt. Ein in allen Fällen wirksames Mittel zur Verhinderung dieser Oxydation ist nicht bekannt; ein Ueberziehen der Lettern mit feinem Olivenöl hat sich nicht als praktisch erwiesen. Zweckmäßiger möchte die Anwendung von gereinigtem Glycerin (aus den Stearinkerzenfabriken) zum Ueberziehen der Lettern sein.

§. 264.

Die Schriftgießerei, welche im Allgemeinen zu jener Art der Gießerei gehört, die sich bleibender Formen bedient, zerfällt in zwei Abtheilungen:

1) in die Herstellung der Matrizen,

2) in das eigentliche Schriftgießen.

Die Gießform (Instrument, moule, *mould*), aus messingenen, eisernen und hölzernen Theilen zusammengesetzt, enthält ein genau rechtwinklig geformtes Stück Kupfer, das den vertieften Abdruck des herzustellenden Buchstabens, die Matrize oder Mater (matrice, *matrix*) enthält. Zur Verfertigung der Matrizen giebt es zwei Methoden; nach der einen älteren wird ein Stahlstempel (die Patrize, patrice) in massive Kupferstücke zur erforderlichen Tiefe eingeschlagen, nach der anderen, die sich immer mehr verbreitet, stellt man vermittelst der Galvanoplastik, ohne Stahlstempel, Copien gegossener oder durch Clichiren hervorgebrachter Typen dar und zwar in Gestalt von dünnen Plättchen, denen man durch Schriftzeug die zur wirklichen Matrize nöthige Höhe und Dicke giebt. Damit die Matrizen, sowol die nach älterer Manier, als auch die auf galvanischem Wege dargestellten, genau in die Gießform passen und vollkommen genau auf die Oberfläche der gegossenen Type stehen, werden sie befeilt (justirt).

Das Gießen geschieht entweder

a) aus freier Hand,

b) mit Hülfe der Gießpumpe,

c) vermittelst der Gießmaschinen.

In einem gemauerten kleinen Ofen befindet sich in der Gießpfanne, einem offenen gußeisernen Gefäße, eine gewisse Menge des Letternmetalles (ungefähr 25 Kilogramm), die während der Arbeitszeit vollkommen flüssig zu erhalten ist. Damit die aus dem geschmolzenen Metalle sich entwickelnden, aus Antimonoxyd mit kleinen Mengen von arseniger Säure bestehenden Dämpfe, welche die Gesundheit der Arbeiter beeinträchtigen würden, beseitigt werden, ist über dem Kessel ein hohler Kegel (Haube oder Hut) aufgetragen, der durch ein Rohr mit dem Schornstein in Verbindung steht. Der Arbeiter hält die geschlossene Gießform in der linken Hand, schöpft mit dem schmiedeeisernen Gießlöffel etwas Metall aus der Pfanne, setzt den Löffel an die Mündung des Eingusses und gießt das Metall schnell ein. In demselben Momente giebt er der Gießform einen Ruck (den Zug), wodurch theils das flüssige Metall in die Vertiefung der Matrize, um sie auszufüllen, getrieben, theils aber auch der Ueberschuß aus dem Eingusse in die Pfanne theilweise zurückgeschleudert wird. Darauf öffnet er die Gießform, entfernt die gegossene Type, schließt die Form wieder u. s. w. Ein geschickter Gießer kann von kleiner Schrift täglich 4—6000 Stück anfertigen.

§. 265.

Gegenwärtig wird das Gießen, wie schon erwähnt, wenigstens zum Theil, mittelst mechanischer Vorrichtungen ausgeführt. Es wird nämlich, ohne im Bau oder in der Handhabung der Gießform etwas zu ändern, das geschmolzene Letternmetall mit Hülfe der Gießpumpe, einer kleinen, in der Gießpfanne stehenden, durch einen Handhebel bewegten Pumpe, eingespritzt. Die im Anfange entstehenden Typen sind so lange unbrauchbar, als der Apparat nicht vollkommen erhitzt ist, da früher die Luft im Gusse zurückbleibt und ihn blasig und runzlig macht. Zwar befinden sich später auch noch Luftblasen in den Typen, jedoch fast immer in deren Körper, wo sie keinen Nachtheil hervorbringen. Die Gießpumpe ist nie allgemein angewendet worden, bleibt aber insofern immer beachtenswerth, als sich aus der Gießpumpe die eigentliche Letterngießmaschine entwickelte, welche auch die Gießform dem Arbeiter abnimmt, deren Oeffnen und Schließen, Annähern an das Mundstück der Pumpe und Zurückziehen von demselben, das Entfernen der gegossenen Type aus der Form u. s. w. durch mechanische Vorrichtungen bewirkt, so daß die Arbeit des Beaufsichtigenden auf die Drehung der Kurbel eines Schwungrades, Speisung der Gießpfanne mit Metall und Unterhaltung des Feuers reducirt wird. Eine Brockhaus'sche

Gießmaschine gießt in einem Tage 12—15,000 Lettern, je nach deren Größe.

Den Letterngießmaschinen verwandt sind die Clichirmaschinen (machine à clicher, *dabbing machine*). Unter Clichiren oder Abklatschen verstand man ursprünglich das Verfahren, Holzschnitte durch Abschlagen mit der Hand in Metall zu vervielfältigen, um die erhaltene Copie zum Drucken von Einfassungen u. s. w. zu gebrauchen. Wenn man nämlich in geschmolzenes Schriftmetall oder eine ähnliche Legirung, die so weit erkaltet ist, daß sie teigig zu werden beginnt, einen Holzschnitt mit einem kräftigen Schlage abdruckt, so erhält man eine Matrize, mit deren Hülfe eine beliebige Anzahl Copien des Holzschnittes hergestellt werden kann. Messing- oder Stahlschnitte werden behufs der Erzielung der Matrize in Blei, Schriftmetall oder Kupfer kalt abgeprägt. Matrizen aus Kupfer können auch leicht mit Hülfe der Galvanoplastik erhalten werden. Trotzdem, daß das Clichiren durch die sich immer mehr ausbreitende Kunst des Stereotypirens und der Galvanoplastik an Wichtigkeit verloren hat, findet es doch immer noch Anwendung. Die Matrize ist stets ein genauer, aber verkehrter Abdruck des Originalholzschnittes in Form einer Platte. Zur Darstellung des Abklatsches (cliché) eignet sich besonders eine Legirung aus 3 Th. Blei, 2 Th. Zinn und 5 Th. Wismuth, deren Schmelzpunkt schon bei 91,66° liegt. Man gießt diese Legirung in einer dünnen Schicht auf Papier und schlägt die Matrize mit einem raschen und kräftigen Schlage vertikal auf die erstarrende Legirung nieder, wodurch der Abdruck eine Schärfe erhält, die durch Gießen nur in seltenen Fällen zu erreichen ist. Zur Sicherung des Erfolges hat man Clichirmaschinen construirt (so z. B. von dem Engländer Applegath, Didot in Paris, Pfnor in Darmstadt, Lehmann und Mohr in Berlin), welche das Einschlagen der Matrize in das erstarrende Metall durch den Fall eines schweren Eisenkörpers bewirken. Auch große Lettern stellt man mittelst Clichirens dar. Das dadurch erhaltene Metallplättchen nagelt man entweder auf ein Holzklötzchen oder gießt nachträglich noch Metall auf, um einen Körper von der üblichen Höhe zu erlangen.

Neuerdings hat man auch die Gutta percha zum Abformen benutzt. Man erwärmt eine etwa zwei Linien dicke ebene Schicht von Gutta percha in heißem Wasser, bepinselt sie mit Graphit oder Bronzepulver, drückt den aufgelegten Holzschnitt mit einer Presse ein und läßt bis zum völligen Erkalten zugeschraubt. Die erhaltene Form läßt sich nicht allein als Matrize zu galvanischen Niederschlägen benutzen, sondern kann auch selbst wieder in

erweichte Gutta percha eingedrückt werden. Die so erhaltenen Formen lassen sich selbst in der Druckpresse als Typen als Aushülfe benutzen.

§. 266.

Die gegossenen Typen müssen noch zugerichtet, d. h. es müssen einige zur Type nicht gehörige Theile entfernt werden. An den rohen Typen befindet sich der Gießzapfen (Abbruch, Anguß, jet, *break*), durch das Erstarren desjenigen Metalles entstanden, das sich beim Gießen in der Eingußöffnung der Gießform befand. Er kann von der Type leicht durch Wegbrechen entfernt werden. Bei starken Lettern geschieht dies nicht mehr mit der Hand, sondern durch einen Schlag mit dem sogenannten Abschlagholze. Darauf folgt das Schleifen. Selbst bei der vollkommensten Gießform treten durch deren zunehmende Erhitzung bei längerem Gießen Spalten oder Zwischenräume hervor, welche ein, wenn auch nur geringes Austreten des Metalles in dünnen Plättchen veranlassen und das Schleifen nothwendig machen. Das Schleifen ist Handarbeit und geschieht durch Kinder auf flachen Schleifsteinen, welche jede Type mit den beiden breiten Seitenflächen einige Male schnell hin- und herschieben. Es können durch ein Individuum auf diese Weise gegen 10—12,000 Typen täglich geschliffen werden. Seit einiger Zeit sind auch Schleifmaschinen in Gebrauch, wobei die Typen dieselbe Veränderung erleiden, wie beim gewöhnlichen Schleifen aus der Hand. Das Abgleichen geschieht aber nicht durch Steine, sondern durch Feilen. Auf dem Stein wird die Letter bewegt, während der Stein fest liegt; auf der Maschine dagegen liegt die Type unbeweglich, während die beiden Feilen, deren eine ihre untere, deren andere die obere Fläche berührt, über die Type der Länge nach hin- und zurückgehen und somit beide Flächen zugleich abschleifen. Die nächste Arbeit ist das Bestoßen mit besonderen Hobeln an der Stelle der Type, wo der Gießzapfen gewesen, so daß an der Fußfläche eine Furche entsteht, und an den Ecken an der Gesichtsfläche der Typen.

§. 267.

Formen aus Schriftmetall zum Abdruck in der Buchdruckerpresse, die aus ganzen Platten und nicht aus einzelnen Lettern zusammengesetzt sind, nennt man Stereotypen und ihre Herstellung das Stereotypiren (stéréotypage, *stereotyping*). Unter den verschiedenen Methoden der Stereotypie ist die des Grafen Stanhope (1804) am meisten im Gebrauche. Es wird die für den Abguß bestimmte Form aus den einzelnen Lettern so gebildet, als wenn sie unter der Druckpresse abgedruckt werden

sollte. Man umgiebt diese Form mit einem Messingrahmen, der um so viel höher ist, als die Dicke der herzustellenden Matrize betragen soll. Hierauf wird die Form eingeölt und eine Schicht dünnen Gypsbreies darauf gebracht, die man mit einem etwas harten Pinsel in alle Vertiefungen der Form bringt; dann wird die Form ganz mit Gypsbrei angefüllt und letzterer mit einem Streichbrete abgeglichen. Der Gypsabguß wird nach dem Erhärten, etwa nach 15—20 Minuten, abgehoben und bildet die Matrize, die vorsichtig, aber vollkommen ausgetrocknet wird. Man bringt die ausgetrocknete Matrize in eine gußeiserne Pfanne und bedeckt sie mit einer Platte, welche durch an ihr befindliche Füße so weit von der Matrize abgehalten wird, als die Stereotypplatte dick werden soll; die ganze Vorrichtung wird durch die Deckplatte, deren vier Ecken die Eingüsse bilden, mit Hülfe von Schrauben in ihrer Lage festgehalten. Die Vorrichtung wird nun in den mit geschmolzenem Metall gefüllten Gießkessel gebracht und dort so lange untergetaucht, bis alle Räume vollständig mit Metall ausgefüllt sind, was in der Regel nach Ablauf von einer halben Stunde der Fall ist. Man hebt den Apparat aus dem Metalle, öffnet ihn nach dem Erkalten, nimmt den Guß heraus, schlägt die Eingüsse ab und hebt die Matrize heraus. Die so erhaltene Metallplatte zeigt einen scharfen Abguß des Letternsatzes; sie wird gereinigt, verputzt und auf der hinteren Seite abgehobelt oder abgedreht. Die Platten werden auf metallenen oder hölzernen Unterlagen befestigt. Statt der Gießkessel, in denen die Matrize liegt, bedient man sich in neuerer Zeit Gießkästen, in welchen die Form steht, die sich nach oben trichterförmig erweitert, so daß eine große Metallmasse als verlorner Kopf über dem Gusse stehen bleibt und durch seinen Druck das flüssige Metall in alle Vertiefungen der Matrize treibt.

§. 268.

Die Zinngießerei.

Die Zinngießer verarbeiten nur in seltenen Fällen reines Zinn, meist mit Blei legirtes oder auch Britannia-Metall (vergl. Seite 206). Das Gießen geschieht in Formen aus Messing, Gußeisen, Gyps, Serpentin, Thon oder Thonschiefer. Die messingenen Formen sind, wenn es sich um die Herstellung von Handelsartikeln handelt, allen übrigen Formen vorzuziehen, da das Gießen heiß geschehen muß und man die Theile der Messingform durch Eintauchen in das geschmolzene Zinn leicht erhitzen kann; außerdem fällt der Guß in Messingformen reiner und vollkommener aus. Zu kleineren flachen Gegenständen, z. B. zu Kinderspielzeug, werden blos Schieferplatten bis zur erforderlichen Tiefe gravirt; auch geätzte Spiegelglas-

platten sind hierzu versucht worden. Beim Gießen wird die Form heißgemacht, die Theile in der Presse genau aneinandergeschraubt und die geschmolzene Zinn-Bleilegirung durch das Gießloch eingegossen. Große zinnerne Kessel für Färber werden auf dieselbe Weise wie die Glocken (siehe Seite 244) gegossen. Damit das Zinn nicht an den Wänden der Form adhärire, giebt man letzteren einen Ueberzug von Ruß (Anrauchen, flamber, *smoking*), indem man sie vor dem Gebrauche über Kienholzrauch hält. Bei solchen hohlen Zinnwaaren (und auch bei Gegenständen aus Zink), bei welchen das Innere nicht ins Auge fällt oder man aus anderen Gründen keinen Werth auf ein glattes Ansehen der inneren Seite legt, wie z. B. bei Statuetten, kurzen Röhren rc., wählt man die Methode des Stürzens, auch genannt Decantirverfahren (fondre dans le creux et à renversé), welches dem Guß gewisser Gegenstände in Porzellan nachgeahmt zu sein scheint, außerdem beim Statuenguß in Gyps schon längst angewandt wird. Nachdem die verschiedenen Theile der Form gehörig mit einander verbunden sind, bringt man die Form so an, daß man sie leicht umkehren kann, füllt sie dann mit dem geschmolzenen Zinn (oder Zink) und kehrt sie gleich darauf um, worauf der noch nicht erstarrte Theil des Metalles aus der Form fließt; die erstarrte Kruste kleidet den Hohlraum der Form aus. Beiläufig sei hierbei eines anderen Gusses ohne Kern erwähnt, des Centrifugalgusses, vermittelst dessen Röhren und einfache runde Gefäße hergestellt werden können. Es ist bekannt, daß in einer mit Wasser zum Theil gefüllten Schale oder Kugel, welche auf die Centrifugal-Schwungmaschine gestellt und mittelst dieser sehr schnell um ihre Axe gedreht wird, die Flüssigkeit, während ihre Oberfläche in der Mitte einsinkt, sich ringsum an der Wand erhebt. Nimmt man anstatt des Wassers geschmolzenes Zinn, welches nach dem Aufsteigen an den Formwänden in Berührung mit denselben erstarrt, so entsteht in Folge der Centrifugalkraft ein metallenes Gefäß. Bisher war es nicht möglich, fehlerfreie Gußstücke von gleichmäßiger Wandstärke nach dieser Methode zu erhalten.

Die runden Zinngegenstände werden auf einer Drehbank mit Dreheisen abgedreht. Das Poliren geschieht ebenfalls auf der Drehbank mit Seife und einem harten Steine wie Smirgel, Achat rc. Ovale oder überhaupt nicht rund geformte Gegenstände werden nach dem Gusse auf einer Bank mit in die Höhe stehenden Bretern (Feilnägeln), woran man die Gefäße lehnt, zuerst mit Raspen und Feilen geebnet, dann beschabt und mit dem Probirsteine geglättet.

§. 269.

Die Zinkgießerei.

Die große Wichtigkeit des Zinkes als Gußmaterial ist bereits Seite 124 besprochen worden. Das Zink gießt sich mit glatter Oberfläche und der Guß kommt mit einem Grade der Vollendung aus den Sandformen, der alles Ciseliren bis auf ganz geringe Hülfe der Feile, namentlich an den Löthfugen, überflüssig macht. Die Wanddicke variirt bei den Zinkgüssen von 1 Linie bis 3/4 Zoll. Man gießt stets ohne Kern, weil, wenn man mit Kern gießen wollte, das erstarrende Zink durch den Widerstand des Kerns während des Zusammenziehens unfehlbar zerrissen würde. Größere Gegenstände gießt man in mehreren Theilen, welche nachher zusammengelöthet werden. Bei kleinen hohlen Gegenständen wie bei Büsten, Statüen wendet man jetzt häufig das beim Zinn beschriebene Stürz- oder Decantirverfahren an. Wie weit es der Zinkguß in dem letzten Jahrzehnt gebracht, davon gaben die Ausstellungen in London, München und Paris glänzendes Zeugniß.

§. 270.

Die Metallgießerei auf kaltem Wege.

(Galvanoplastik.)

Wenn man durch gewisse Metallauflösungen, z. B. durch eine wässerige Lösung von Kupfervitriol (schwefelsaurem Kupferoxyd), den elektrischen Strom leitet, so wird die Metallverbindung zersetzt (Elektrolyse) in der Weise, daß sich das darin enthaltene Metall an einer gewissen Stelle des Gefäßes am negativen Pole des Stromes in cohärenter Gestalt ablagert. Läßt man die Ablagerung in einer Matrize vor sich gehen und das sich abscheidende Metall bis zu einer gewissen Dicke anwachsen, so wird man, sobald man das Metall von der Matrize trennt, einen Abdruck (Abguß auf kaltem Wege) haben. Dieser Abdruck, nach dem Sprachgebrauche galvanoplastischer Abdruck genannt, enthält alle Verschiedenheit der Form im verkehrten Sinne d. h. alle auf der Oberfläche der Form befindlichen Erhabenheiten und Vertiefungen und umgekehrt, ebenso, wie dies bei dem Abdruck eines Petschaftes in Siegellack stattfindet. Die Metallgießerei auf kaltem Wege wird Galvanoplastik genannt; sie bildet eine der wichtigsten Anwendungen der chemischen Wirkungen des elektrischen Stromes. Obgleich auch Gold, Silber und andere Metalle durch den elektrischen Strom zusammenhängend abgeschieden werden können (siehe Vergoldung, Versilberung), so finden doch genannte Metalle zum Metallguß auf kaltem Wege keine Anwendung. Kupfer ist das einzige Metall, welches zu technischen Zwecken aus

seinen Lösungen durch den elektrischen Strom niedergeschlagen wird. M. H. Jacobi in Petersburg machte im Jahre 1838 zuerst darauf aufmerksam, daß die Abscheidung des Kupfers aus einer Kupfervitriollösung durch strömende Elektricität zu Kunstzwecken benutzt werden könne. Wird auch von dem Engländer Spencer gleichzeitig die Ehre der Erfindung des Metallgusses auf kaltem Wege beansprucht, so ist es doch außer allem Zweifel, daß Jacobi die Galvanoplastik dem Publikum in vollendeter Gestalt übergab. Diese Kunst wurde verbessert von Becquerel, Elsner, Smee, Ruolz, Elkington, Auer, Braun ꝛc.

§. 271.

Zunächst mögen einige, die Galvanoplastik betreffende, aus der Physik entlehnte Kunstausdrücke Platz finden. Die Zerlegung einer chemischen Verbindung, wie des Kupfervitriols, durch strömende Elektricität wird Elektrolyse genannt; die Stellen des Ein- und Austrittes des elektrischen Stromes heißen Elektroden und zwar heißt die Eintrittsstelle oder der positive Pol die Anode, und die Austrittsstelle oder der negative Pol die Kathode. Die Bestandtheile des durch Elektricität zerlegten Körpers nennt man die Jonen, und zwar den an der Anode (dem + Pole) ausgeschiedenen Bestandtheil das Anion, und den an der Kathode auftretenden Körper das Kation. Derjenige elektrische Strom, der die Elektrolyse von einem Aequivalent Wasser zu bewirken vermag, ist im Stande, in jedem anderen binär zusammengesetzten Körper, der von dem elektrischen Strom durchströmt wird, ebenfalls ein Aequivalent zu zersetzen. Daraus geht hervor, daß die durch den elektrischen Strom zerlegten Gewichtsmengen sich wie die chemischen Aequivalente verhalten. Dieses Gesetz wurde von Faraday aufgestellt, es ist unter dem Namen des elektrolytischen bekannt. Aus der Physik ist es bekannt, daß die an der Anode (dem + Pole) sich ansammelnden Körper elektronegative sind, weil ungleichnamige Elektricitäten sich anziehen und gleichnamige sich abstoßen. Die an der Kathode (dem — Pole) sich ansammelnden sind demnach die elektropositiven.

Weil Wasser das gewöhnliche Auflösungsmittel der Körper ist, so treten häufig seine Bestandtheile bei der Elektrolyse mit ins Spiel und veranlassen secundäre Erscheinungen. So giebt z. B. Kupfervitriol, bestehend aus Kupferoxyd und Schwefelsäure, an der Anode Sauerstoffgas und an der Kathode metallisches Kupfer, dessen Abscheidung auf zweierlei Weise erklärt wird. Nach der einen Ansicht, nach welcher der Kupfervitriol aus $SO_4 + Cu$ bestehend angesehen wird, zerfällt diese Verbindung ohne Weiteres in Kupfer und in SO_4, welcher Körper mit dem Zink zu Zinkvitriol $SO_4 + Zn$ zusam-

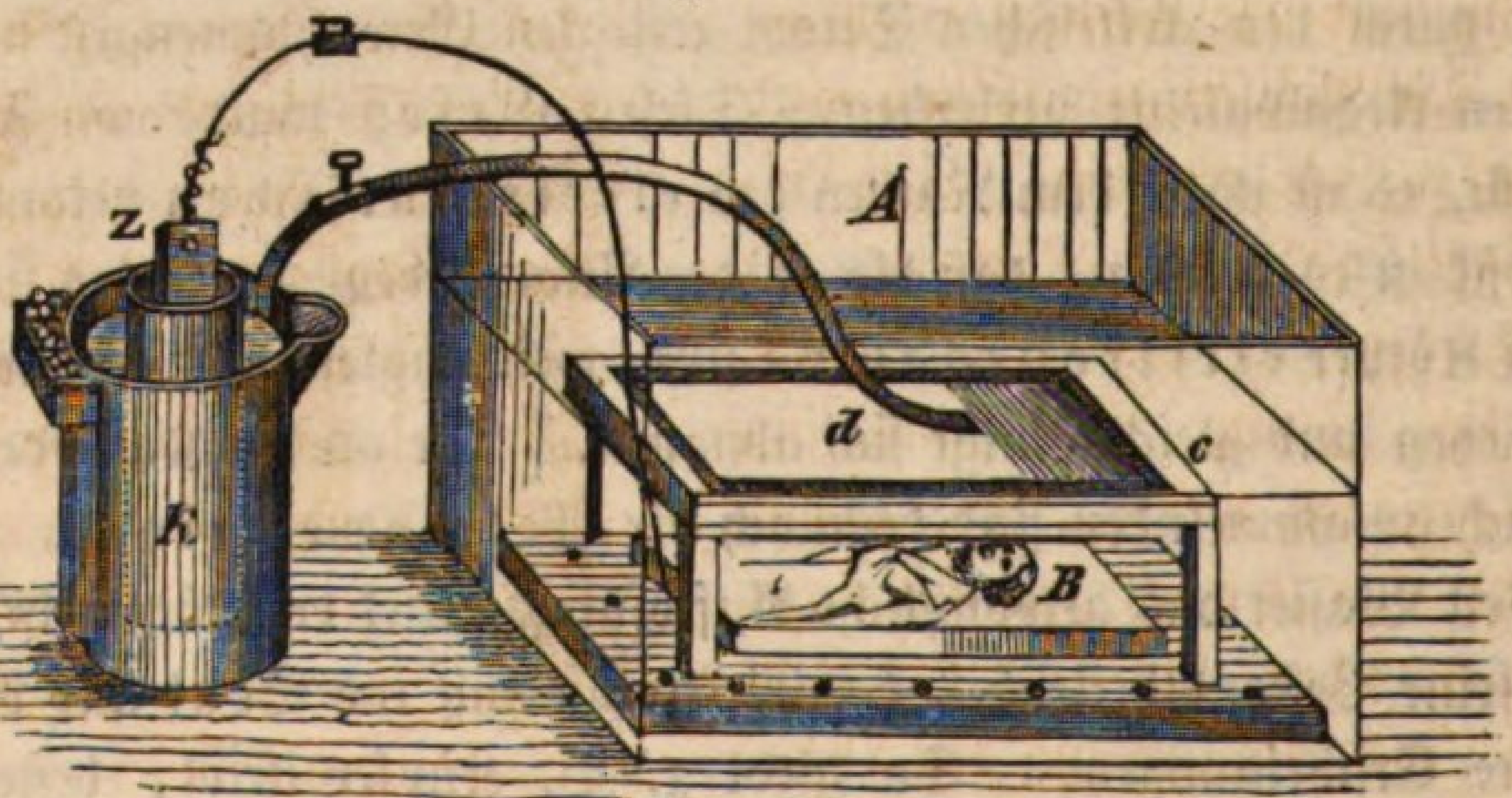
mentritt. Nach einer anderen Ansicht wird auch Wasser zersetzt ($HO = H + O$), eben so wie das schwefelsaure Kupferoxyd ($CuO, SO_3 = CuO + SO_3$). Der Sauerstoff des Wassers wird frei und scheidet sich an der Anode (am + Pole) ab, dasselbe geschieht mit der Schwefelsäure; der Wasserstoff des Wassers aber entzieht dem Kupferoxyd den Sauerstoff und bildet mit demselben Wasser, während das Kupfer nun metallisch ausgeschieden werden muß ($CuO + H = HO + Cu$). Wird das Kupfer aus der Kupfervitriollösung durch einen nicht zu stark wirkenden Strom ausgeschieden, so lagert es sich an der Kathode (am — Pole) in cohärenter Gestalt ab. Der an der Anode frei gewordene Sauerstoff verbindet sich mit dem daselbst befindlichen, als Leiter dienenden Zink zu Zinkoxyd, das mit der Schwefelsäure zu schwefelsaurem Zinkoxyd zusammentritt. Für jedes Aequivalent Kupfer = 31,7, das gefällt wird, löst sich ein Aequivalent Zink = 32,6 auf.

§. 272.

Um den elektrischen Strom zu erregen, werden, abgesehen von der magneto-elektrischen Drehmaschine, welche in neuerer Zeit mit großem Vortheile anstatt der galvanischen Batterie angewendet wird, zwei Methoden befolgt, nämlich die Methode mit und die Methode ohne Batterie.

Bei dem ersteren Verfahren benutzt man eine galvanische Batterie. Man verbindet die Form, auf welcher der Kupferniederschlag erfolgen soll, vermittelst eines Kupferdrahtes mit dem Zinkende Z der Batterie (Fig. 68). Die Form wird in einen hölzernen Trog A, der mit Harz ausgegossen ist, ge-

Fig. 68.



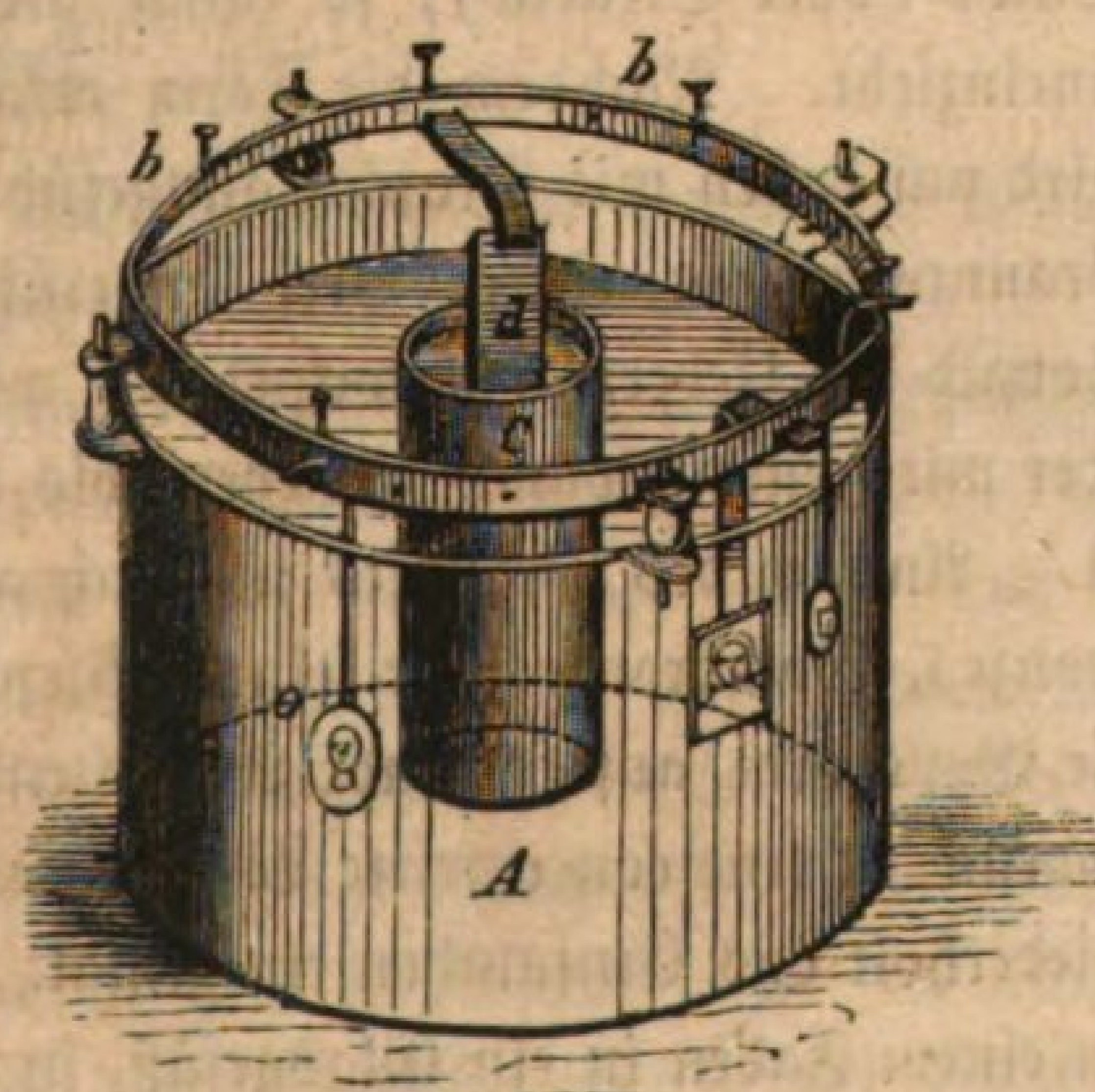
bracht und ein oben durchbrochenes Holzgestell darüber gelegt. Darauf wird das Gefäß mit einer nicht vollkommen gesättigten Kupfervitriollösung angefüllt und über die Bildfläche der Form B ein starkes Kupferblech d gelegt, welches in die Flüssigkeit eintauchen muß. Man setzt dieses Blech durch

einen Draht mit dem anderen Pol K in Verbindung. Die Elektrolyse beginnt sogleich und giebt sich schon nach kurzer Zeit durch einen zarten Anflug von metallischem Kupfer auf der Form zu erkennen. Der Ueberzug nimmt nach und nach an Dicke zu, während von dem Kupferbleche ein gleiches Gewicht Kupfer aufgelöst wird. Bei diesem Verfahren ist das Einhängen von Kupfervitriolkrystallen, um die Lösung gesättigt zu erhalten, überflüssig. Sobald der Kupferniederschlag die erforderliche Dicke erreicht hat, löst man ihn von der Form ab. Bei Benutzung der aus Kupfer und Zink zusammengesetzten Daniell'schen Batterie ist die Säure, in welcher das Zink sich befindet, sehr zu verdünnen. Man nimmt auf 1 Th. englische Schwefelsäure zweckmäßig 40 Th. Wasser. Da das Gelingen der Abdrücke von der Gleichförmigkeit des elektrischen Stromes abhängig ist, so schaltet man in den Apparat ein Galvanometer ein, welches die Stärke des Stromes angiebt; läßt die Wirkung nach, so verstärkt man die Säure etwas. In der Kupferzelle ist eine concentrirte Kupfervitriollösung.

§. 273.

Bei der ursprünglichen Methode ohne Batterie befindet sich in dem Gefäß A (Fig. 69) (aus Porcellan oder Glas) ein Thoncylinder (Diaphragma) C, der mit verdünnter Schwefelsäure angefüllt ist und außerdem einen amalgamirten Zinkstreifen d enthält. Letzterer ist durch einen Kupferstreifen mit dem kupfernen Ring b b verbunden, welcher auf dem Rand des Gefäßes A befestigt ist. An diesem Ring sind die Formen o aufgehängt. Die Kupfervitriollösung wird von Zeit zu Zeit erneuert. Der Leitungsdraht und die Rückseite der Form werden mit Wachs überzogen, damit der Lösung nicht unnöthig Kupfer entzogen werde. Die Thonzelle wird von Zeit zu Zeit mit neuer Füllung versehen und auch das Zink erneuert. Die Anwendung der Thonzelle ist nur bei kleinen Gegenständen zulässig. Der Rand der Form, auf der das Kupfer sich niederschlägt, wird in der Regel mit einer dicken, warzigen Wulst bekleidet. Man beseitigt diesen Uebelstand dadurch, daß man die Form mit einem breiteren Rande umgiebt, auf welchem sich nun jene Wulst absetzt. Dieser Rand läßt sich von

Fig. 69.



der fertigen Form leicht entfernen. Die Trennung des Kupferniederschlages von der Form geht sehr leicht von statten, sobald die Kupferschicht eine gewisse Dicke erlangt hat. Zur Beschleunigung des elektrolytischen Processes ist eine gleichförmige und gemäßigte Temperatur nothwendig. Am passendsten ist eine Temperatur von 12—18°.

§. 274.

Die Formen oder Matrizen zum Metallguß auf kaltem Wege bestehen aus Gyps, Gutta percha oder aus leichtflüssigen Legirungen.

Um eine Matrize aus Gyps herzustellen, wird das abzuformende Original mit etwas feinem Oel eingefettet und mit einem zollbreiten Papierstreifen umgeben, der am Rande entweder angeleimt oder mit Bindfaden festgehalten wird. Es wird nun dünner Gypsbrei mit Hülfe eines Pinsels auf der Oberfläche des Gegenstandes eingerieben und hierauf der übrige Gypsbrei aufgegossen. Nach dem Festwerden des Gypses wird der Papierstreifen entfernt, der Guß von dem Original abgehoben und vorsichtig, aber vollständig getrocknet. Diese Form ist aber nicht ohne Weiteres anwendbar, weil der Gyps porös ist und die Elektricität nicht leitet. Damit die Kupfervitriollösung nicht in die Form eindringe, wird dieselbe mit Wachs, Walrath, Stearinsäure oder Paraffin getränkt. Zu dem Ende erwärmt man die Gypsform etwas und bestreicht sie hierauf mit recht heiß geschmolzenem Wachs (oder Stearin), so lange als dasselbe sich noch schnell in den Gyps hineinzieht. Nachdem die Form erkaltet ist, wird sie leitend gemacht; dies wird am besten mit Graphit ausgeführt, das Graphitpulver wird mit etwas Branntwein zu einem Brei angerührt und damit die Form überstrichen. Sobald der Ueberzug getrocknet ist, wird er mit weichem sämischgarem Leder oder mit Feuerschwamm gerieben, bis die Oberfläche der Form metallglänzend ist. Anstatt des Graphits läßt sich auch feines Silberpulver (ächte Silberbronze), Goldbronze oder feines Eisenpulver anwenden. Osann empfiehlt die Gypsform auf folgende Art leitend zu machen: Man taucht den Gypsabdruck in eine concentrirte Lösung von Kupfervitriol, läßt ihn trocknen und wiederholt das Eintauchen einigemal. Man trocknet ihn jetzt und hängt ihn an einem Faden in ein Glasgefäß, in welchem aus Phosphor und Kalilauge Phosphorwasserstoffgas entwickelt wird. Es bildet sich Phosphorkupfer, welches den Abdruck vollkommen durchdringt.

Bei der Herstellung einer Form aus Gutta percha verfährt man auf dieselbe Weise, wie §. 265 bei der Stereotypie angegeben worden ist. Der Abdruck wird nochmals mit Graphit oder Bronzepulver eingerieben. Auch

bei der Herstellung von Matrizen aus leichtflüssigen Legirungen wendet man ein ähnliches Verfahren an.

Durch den Metallguß auf kaltem Wege kann man im Allgemeinen nur Gegenstände von geringer Wanddicke und entsprechend geringer Festigkeit darstellen, da die Niederschlagung dickerer Schichten des Metalls viel Zeit erfordert und das Metall auch nicht leicht von gleichmäßiger Dicke niedergeschlagen wird. Man wendet deshalb in neuerer Zeit ein Verfahren an, durch welches diesem Uebelstande abgeholfen wird. Nach dieser Methode wird gewissermaßen nur die äußere Schale des Gegenstandes aus Kupfer auf galvanischem Wege gebildet und das Innere mit Messing ausgefüllt, welches so leichtflüssig ist, daß es die Vertiefungen der galvanoplastischen Copie ausfüllen kann, ehe das Kupfer in Fluß geräth.

Der galvanische Metallguß ist der ausgedehntesten technischen und künstlerischen Anwendung fähig, indem keine der übrigen Methoden, Copien durch Abguß oder Abdruck zu erhalten, eine solche Schärfe und Sicherheit darbietet, als eben die galvanoplastische. Man erhält durch sie die treuesten Copien und erspart dabei das kostspielige und die Wahrheit der Copie stets etwas beeinträchtigende Ciseliren. Der Schriftgießerei gewährt die Galvanoplastik die entschiedensten Vortheile (vergl. §. 265). Hat sich der Schriftgießer von der Schriftsorte, die er nachzubilden wünscht, nur ein Alphabet verschafft, so ist es sehr leicht, dasselbe galvanoplastisch zu copiren und die so erhaltenen kupfernen Abdrücke zum Gießen neuer Schriften zu benutzen.

§. 275.

Zwei interessante Anwendungen der Galvanoplastik bieten die Galvanographie und Glyphographie.

Einige Jahre nach dem Bekanntwerden der Galvanoplastik versuchte v. Kobell in München, auf galvanischem Wege in Tuschmanier gemalte Bilder in Kupfer vertieft dargestellt zu copiren, in der Weise, daß sie nun durch druckbare Platten vervielfältigt werden können, welche Kunst mit dem Namen Galvanographie bezeichnet worden ist. Die Galvanographie ist eine Anwendung der Galvanoplastik zur Nachahmung der Holzschnitte. Sie ist eine Erfindung Palmer's in London und ist durch B. Ahner in Leipzig verbessert worden. Sie bezweckt die von dem Künstler ausgezeichnete Zeichnung direct in eine Typenplatte zu verwandeln; die Zeichnung kann dabei auf der rechten Seite, nicht verkehrt wie beim Holzschnitte, gemacht werden. Das Verfahren, so weit es bekannt ist, besteht in Folgendem: Eine ebengeschliffene Kupferplatte wird mit Schwefelleberlösung bestrichen und dadurch ihre Oberfläche geschwärzt; die mit Wasser abgespülte und ge-

reinigte Platte wird mit weißem Radirgrund versehen, welcher aus einer Mischung von burgundischem Pech, Wachs, Colophonium, Walrath und schwefelsaurem Bleioxyd oder Baryt besteht. In diesen Aetzgrund radirt der Künstler die Zeichnung, welche nun, da der schwarze Grund blosgelegt ist, schwarz auf weiß erscheint. Von der fertigen Radirung wird ein galvanoplastischer Abdruck hergestellt. Dann wird die Platte copirt und der Abdruck auf einem Holzklotze befestigt, so daß er mit dem Letternsatze gleiche Höhe erhält und gleichzeitig mit diesem abgedruckt werden kann. Von der radirten Platte können auch Gypsabgüsse hergestellt und hiervon Stereotypplatten abgegossen werden, und es scheint, als ob dieser Vorgang in England häufigere Anwendung findet, als die Erzeugung der galvanoplastischen Copie, da überdies die galvanoplastischen Abdrücke die Buchdruckerschwärze nie so gut annehmen als die Stereotypplatten.

Vierter Abschnitt.

Die Metallstreckerei.

§. 276.

Eine der Haupteigenschaften, welche die meisten zur Verarbeitung gelangenden Metalle mit einander gemein haben, ist die Dehnbarkeit, auf welche sich die Metallstreckerei gründet.

Von den vielen Zweigen und Anwendungen der Metallstreckerei seien ausführlich beschrieben

1) das Schmieden und Walzen,
2) die Blechfabrikation,
3) die Drahtfabrikation,

an welche sich das Ueberziehen von Metallflächen mit anderen Metallen (das Vergolden, Versilbern u. s. w.) anschließt.

Das Schmieden und Walzen.

§. 277.

Unter Schmieden (forger) im Allgemeinen versteht man eine Formveränderung gewisser Metalle mittelst des Hammers; in engerem Sinne wendet man den Ausdruck schmieden nur in denjenigen Fällen an, in welchen das Metall während der Bearbeitung in glühendem Zustande sich befindet.

Obgleich alle dehnbaren Metalle durch Hammerschläge eine Formveränderung erleiden und geschmiedet werden können, so wird doch die Arbeit des Schmiedens vorzugsweise nur bei Eisen (Schmiedeeisen) und Stahl angewendet. Die Schmiedbarkeit (malléabilité) der genannten Metalle erhält ihre industrielle Bedeutung erst durch die Schweißbarkeit, da in vielen Fällen neben der Veränderung der Form auch noch eine Vereinigung erzielt werden soll.

Gold, Silber und Platin lassen sich im glühenden Zustande, eben so auch in der Kälte schmieden (schlagen). Blei, Zinn und Zink sind im

glühenden Zustande schon flüssig und lassen sich deshalb nur kalt schmieden. Man pflegt jedoch nur das Zink und auch dieses nur in einem speciellen Falle, nämlich zur Herstellung der Zinknägel zu schmieden. Blei und Zinn bilden in Folge ihrer großen Weichheit beim Hämmern leicht Dopplungen (doublures), d. h. Stellen, wo das Metall in zwei nicht verbundenen Lagen über einander liegt und deshalb beim Biegen sich aufspaltet. Beide Metalle können übrigens wegen ihres niedrigen Schmelzpunktes durch Gießen leicht geformt werden, so daß die Arbeit des Schmiedens bei ihnen wohl nur sehr selten vorkommt. Die zinkhaltigen Legirungen: Messing, Tombak und Neusilber können nur kalt geschmiedet werden, nur eine besondere Zusammensetzung von 60 Th. Kupfer und 40 Th. Zink, das sogenannte hämmer- und schmiedbare Messing (vergl. Seite 209) besitzt die Eigenschaft, sich im glühenden Zustande hämmern zu lassen. Häufiger als die Kupferlegirungen verarbeitet man das Kupfer durch Schmieden sowohl in der Kälte als im glühenden Zustande zu kupfernen Apparaten (Röhren, Siedepfannen, Destillirblasen), kupfernen Nägeln und Nieten ꝛc. Anstatt durch Hammerschläge kann auch eine Formveränderung durch die Anwendung von Walzen (cylindres, *rollers, rolls*) hervorgebracht werden. Während der Hammer nur durch den Schlag und auf eine begrenzte Fläche seine Wirkung äußert, wirken die Walzen allein durch Druck, der gleichzeitig auf mehrere, aber auf einem fast linienartigen Raum neben einander befindlicher Theile ausgeübt wird.

§. 278.

Durch das Schmieden wird außer der Formveränderung eine Verdichtung des Metalles in der Richtung der Hammerschläge und eine Streckung nach allen übrigen Richtungen bewirkt. Stabeisen und Stahl besitzen nur im glühenden Zustande die zum Schmieden erforderliche Weichheit und nehmen, wenn sie kalt geschmiedet werden, eine große Härte an und werden brüchig. Beide erlangen jedoch durch Ausglühen (récuire, decrouir, *annealing*) und allmäliges Abkühlen ihre Hämmerbarkeit wieder. Dieses Ausglühen wird nicht nur beim Kaltschmieden nothwendig, sondern überhaupt bei jeder kalten Bearbeitung von Stahl und weichem Eisen, wobei eine Verdichtung oder Ausdehnung des Metalles stattfindet, so z. B. beim Drahtziehen, beim Auswalzen zu Blech, beim Prägen, Pressen u. s. w. Auch legirtes Gold und Silber, die Kupferlegirungen: Messing, Tombak und Neusilber erleiden bei kalter Verarbeitung eine Verminderung der Hämmerbarkeit, welche Eigenschaft sie durch schwaches Glühen gleichfalls wieder erlangen.

Durch das Schmieden und Walzen erreicht man

1) eine Umwandelung der Metalle (im Folgenden wird hauptsächlich nur auf das Schmieden und Walzen des Stabeisens Rücksicht genommen) in Stäbe, wobei nur Streckung, d. h. Ausdehnung in die Länge stattfindet;

2) eine Umwandelung in Blech durch Ausdehnung in die Länge und Breite;

3) durch die einzelnen Verfahrungsarten beim Schmieden, wie z. B. beim Stauchen, wodurch das Eisen in der Richtung der Länge zusammengedrückt wird, damit es verhältnißmäßig dicker werde, bei der Bildung von Nieten- und Bolzenköpfen ꝛc., wobei eine Ausdehnung nach verschiedenen Richtungen stattfindet.

§. 279.

Darstellung der Eisenstäbe durch Schmieden und Walzen.

(Schmieden der Eisenstäbe.)

Die Umwandelung des Eisens in Stäbe durch Schmieden geschieht durch Eisenhämmer (marteau de forge, *forge hammer*), deren Hämmer in der Regel durch Wasserkraft in Bewegung gesetzt werden. Nach der Art, wie die Hämmer durch die an der Welle befindlichen Hebekränze, Hebelatten, Hebedaumen oder Frösche (poucets, *knobs*) gehoben werden, unterscheidet man drei verschiedene Arten von Hämmern, nämlich

1) Aufwerfhämmer (marteau à soulèvement, *lift hammer*),
2) Stirnhämmer (marteau frontal),
3) Schwanzhämmer (martinet, marteau à bascule ou à queue, *tilt hammer*).

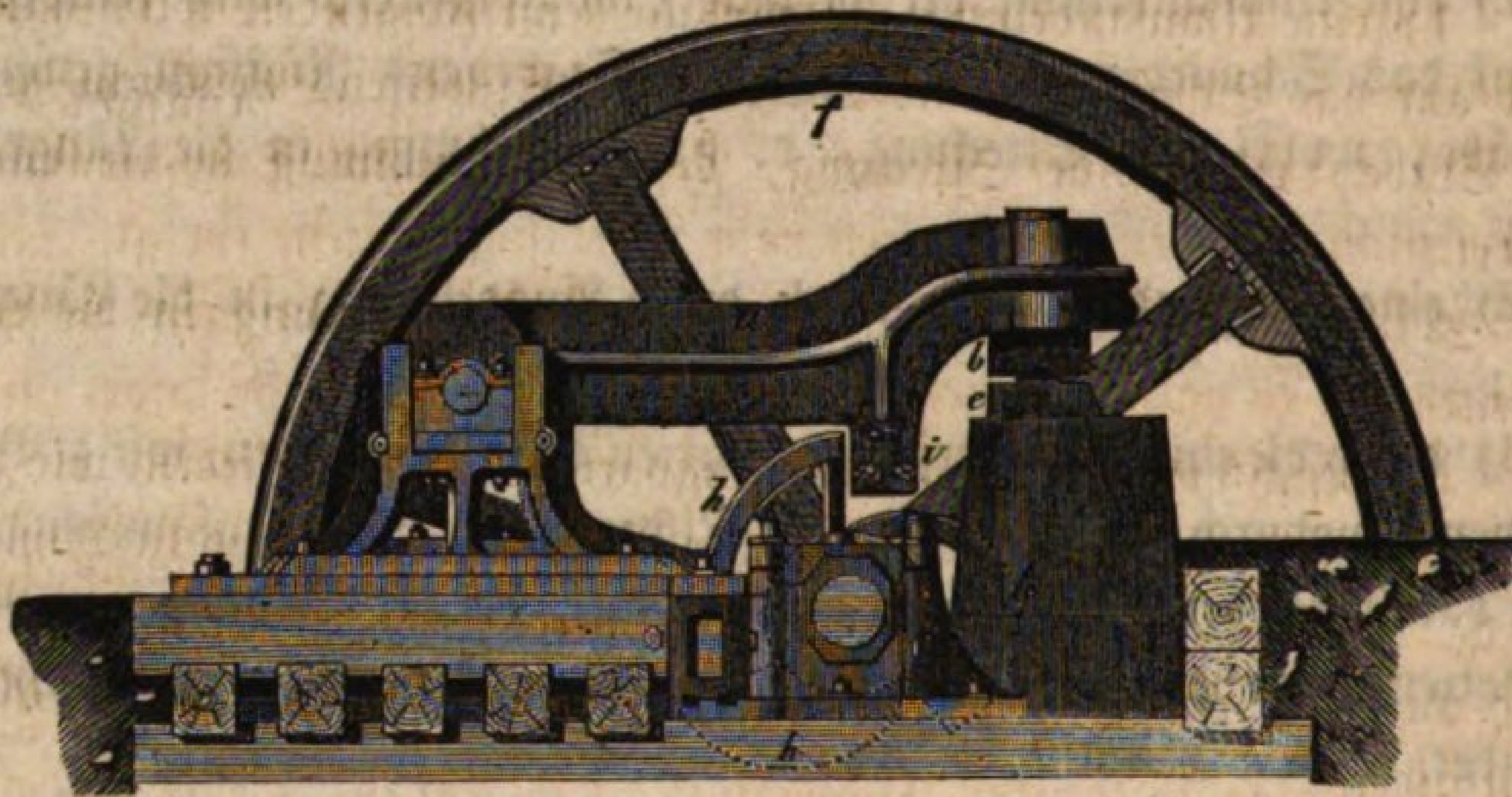
Gänzlich verschieden von den vorstehenden drei Arten von Hämmern ist

4) der Dampfhammer (marteau à vapeur, *steam hammer*).

§. 280.

Der Aufwerfhammer (Fig. 70) ist als ein einarmiger Hebel zu betrachten, bei welchem die Last der Hammer ist und der Angriffspunkt zwischen dem Hammerkopf und dem Ruhe- oder Drehungspunkte des Hebels sich befindet, dem ersteren jedoch näher als dem letzteren liegt. Wird die Länge des Stieles des Hammers oder der Hammerhelm (manche, *shaft*) in drei Theile getheilt, so läßt man die Kraft, drei auf der Welle befindliche, in der Zeichnung zum Theil durch Punktirung angegebene Excentrics h, gewöhnlich auf den dritten Theil der Länge des Helms, vom Hammerkopf an gerechnet, angreifen, wodurch der Fuß i des Hammers gehoben wird. Je näher der

Fig. 70.

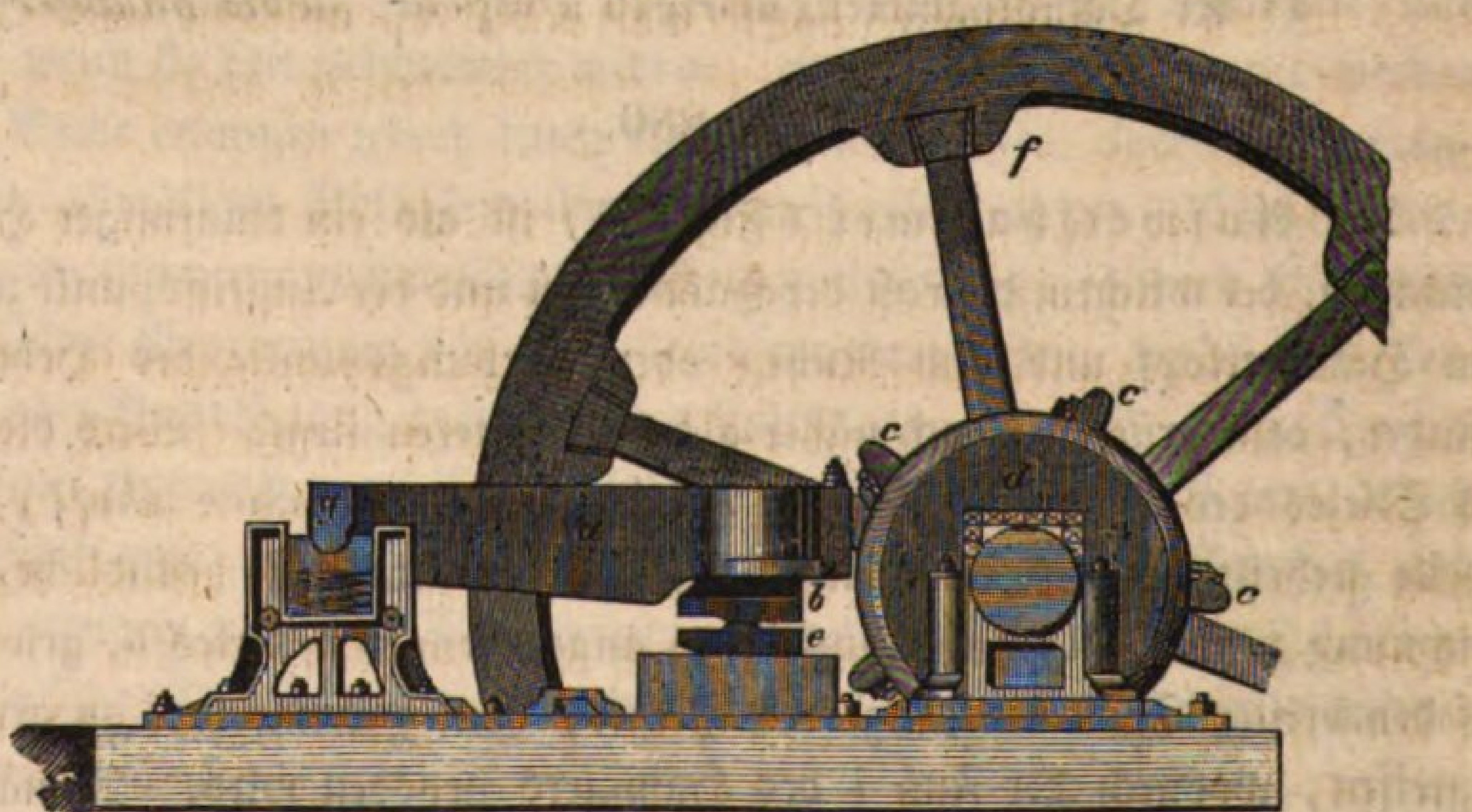


Angriffspunkt dem Hammerkopfe liegt, desto geringer wird die zu überwindende Last, desto geringer aber auch die Hubhöhe des Hammers, desto geringer folglich auch seine Wirksamkeit. Die Hubhöhe d. i. die größte Entfernung von der Ambosbahn beträgt 20—30 Zoll, das Gewicht der Hämmer 4—6 Centner. Die Aufwerfhämmer schlagen gewöhnlich 80 — 160 Mal in der Minute. Während bei dem Stirnhammer die Wirkung eine stoßweise ist, erfolgt bei dem Aufwerfhammer eine allmälige Hebung des Hammers.

§. 281.

Der **Stirnhammer** (Fig. 71) ist ein Aufwerfhammer, bei welchem der Angriffspunkt zum Heben **vor** dem Kopfe oder der Stirn liegt. a ist der Stiel oder Hammerhelm, in welchem der Hammer b eingesetzt ist. Hammer und Helm besitzen zusammen ein Gewicht von 60 — 100 Centner. c c sind

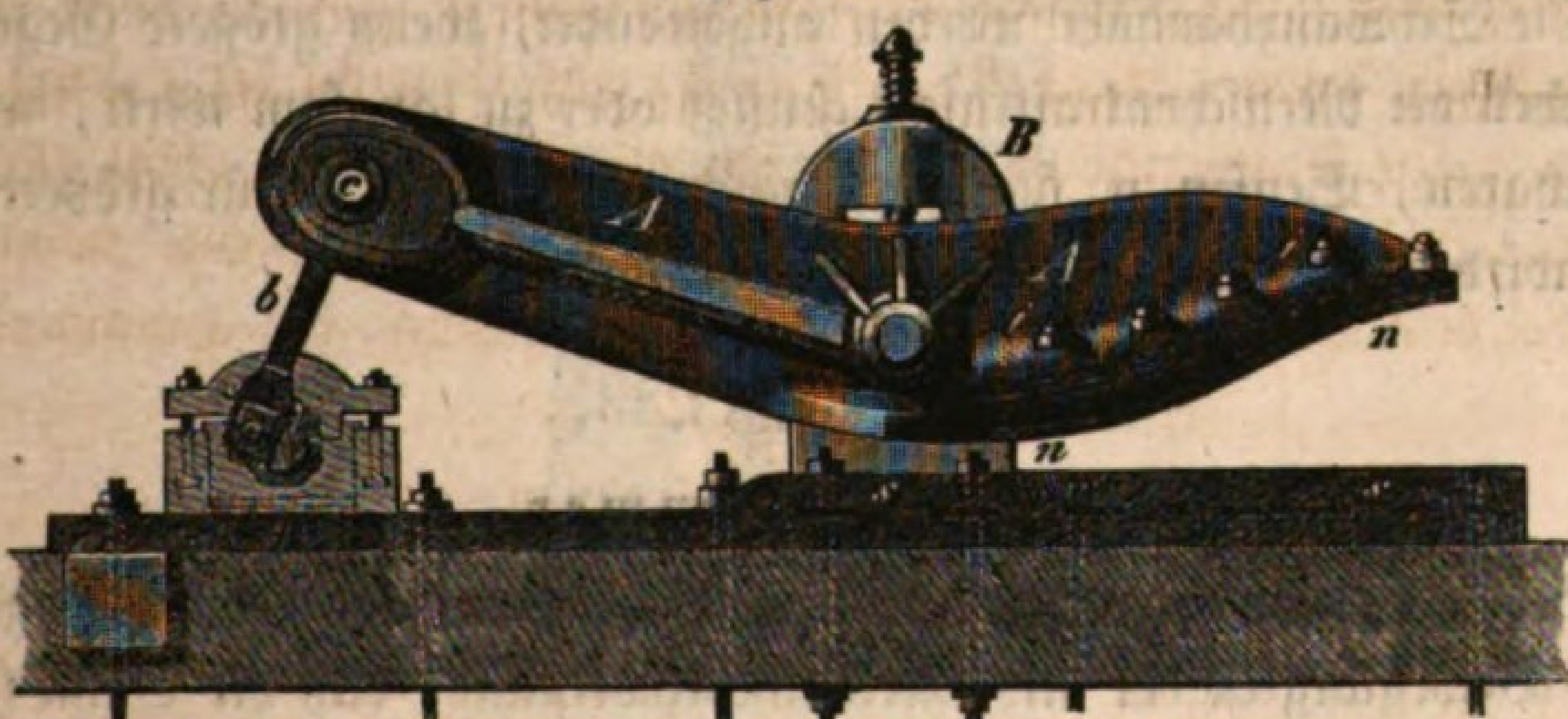
Fig. 71.



die Latten oder Daumen, welche an der mit einem Schwungrade f versehenen Welle d sitzen. g ist der Drehungspunkt, e der Ambos. Die Hubhöhe des Stirnhammers beträgt nur 6 bis höchstens 18 Zoll. Der Hammer macht 60 — 100 Schläge in der Minute. Man wendet den Stirnhammer zum Zusammenschlagen der Eisenluppen vom Puddlingsprocesse (vergl. Seite 61) an. Die Luppen werden nämlich unter dem Stirnhammer zuerst zusammengeschweißt und so parallelepipedische Stücke dargestellt, welche sofort unter der Zängewalze weiter verarbeitet werden.

Statt der Stirnhämmer wendet man jetzt häufig zum Zusammenpressen der Luppen das Quetschwerk, Presse (cingleur, *squeezer*) (Fig. 72) an, bei welchem das Eisen nicht, wie beim Hammer, kurzen, aber kräftigen Schlägen, sondern einer blos drückenden Einwirkung ausgesetzt ist. Das Quetschwerk besteht aus einer Welle und den beiden Armen A A. Die Wellenlager sind

Fig. 72.

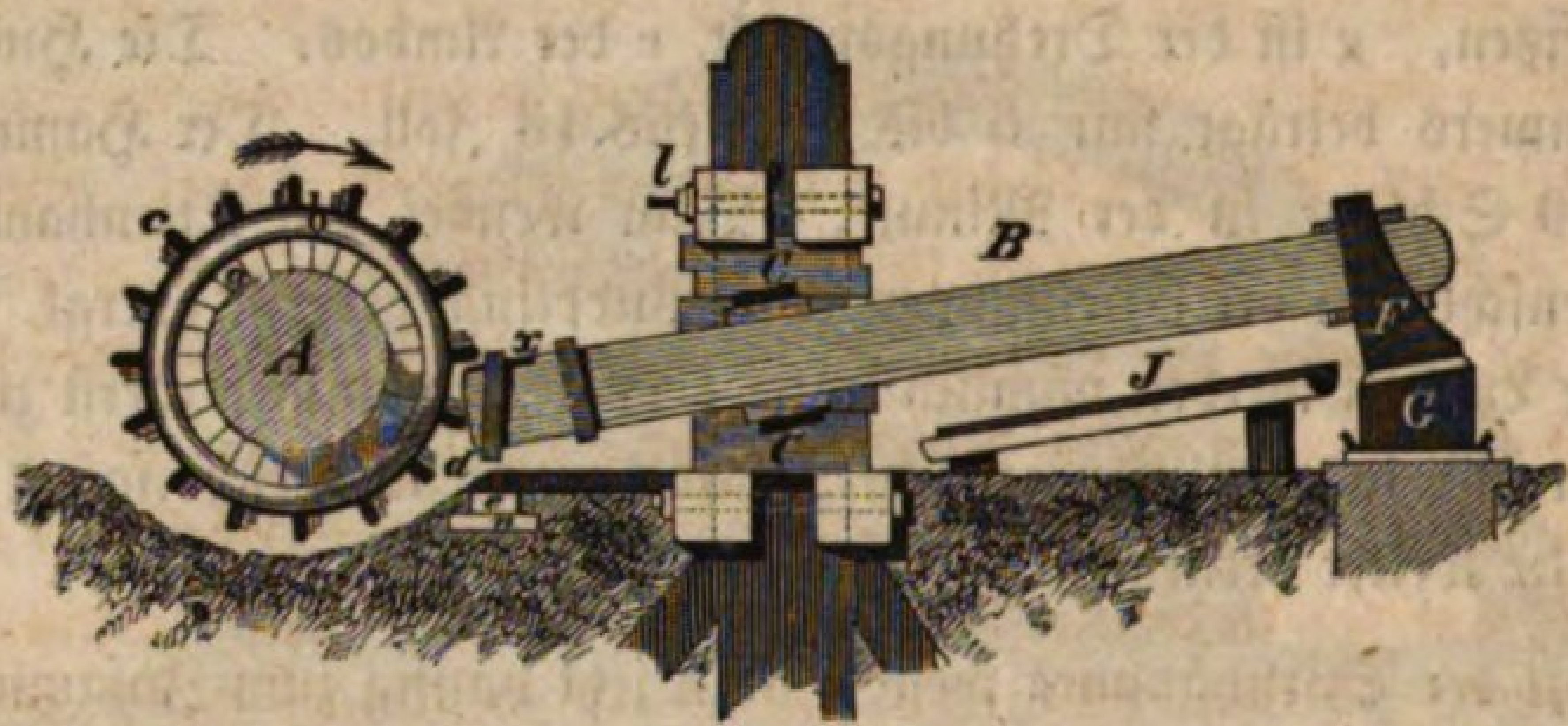


in den Ständern B befestigt. Vermittelst des Zapfens c und der Stange b wird der Arm auf und nieder bewegt. Die untere Fläche des anderen Armes ist mit einer breiten Platte n n bekleidet, zwischen welche und die untere Platte s s, welche die Stelle des Amboses vertritt, das zu behandelnde Eisen gebracht wird.

§. 282.

Der Schwanzhammer (Fig. 73) ist ein doppelarmiger Hebel, dessen einer Arm durch die Daumen c der Welle A niedergedrückt wird, wodurch der am Ende des anderen Armes B befindliche Hammer F in die Höhe gehoben wird. Um das rasche Niedergehen des Hammers auf den Ambos G zu bewirken, schlägt der Schwanzring auf ein Eisenstück (Preller) e, welches auf dem Prellklotze n liegt, so daß durch die Elasticität dieser Stücke und des Hammerstieles der Hammer mit derselben Geschwindigkeit, mit der er auf-

Fig. 73.



fällt, zurückgeworfen wird. Die Hubhöhe beträgt 18—24 Zoll für die stärksten Schwanzhämmer, 12 — 15 Zoll für die mittleren und 9 — 11 Zoll für die kleinsten. Schwanzhämmer von mittlerer Kraft machen 140 — 200 Schläge in der Minute, kleinere, die sogenannten Reckhämmer (Bandhämmer, Zainhämmer) 240—300 Schläge.

Die Schwanzhämmer werden angewendet, wenn größere Gegenstände, zu welchen die Menschenkraft nicht genügt oder zu langsam wirkt, wie z. B. Pflugscharen, Sensen u. s. w. auszuschmieden sind. Für größere Gegenstände wird die Platte J als Unterlage benutzt.

§. 283.

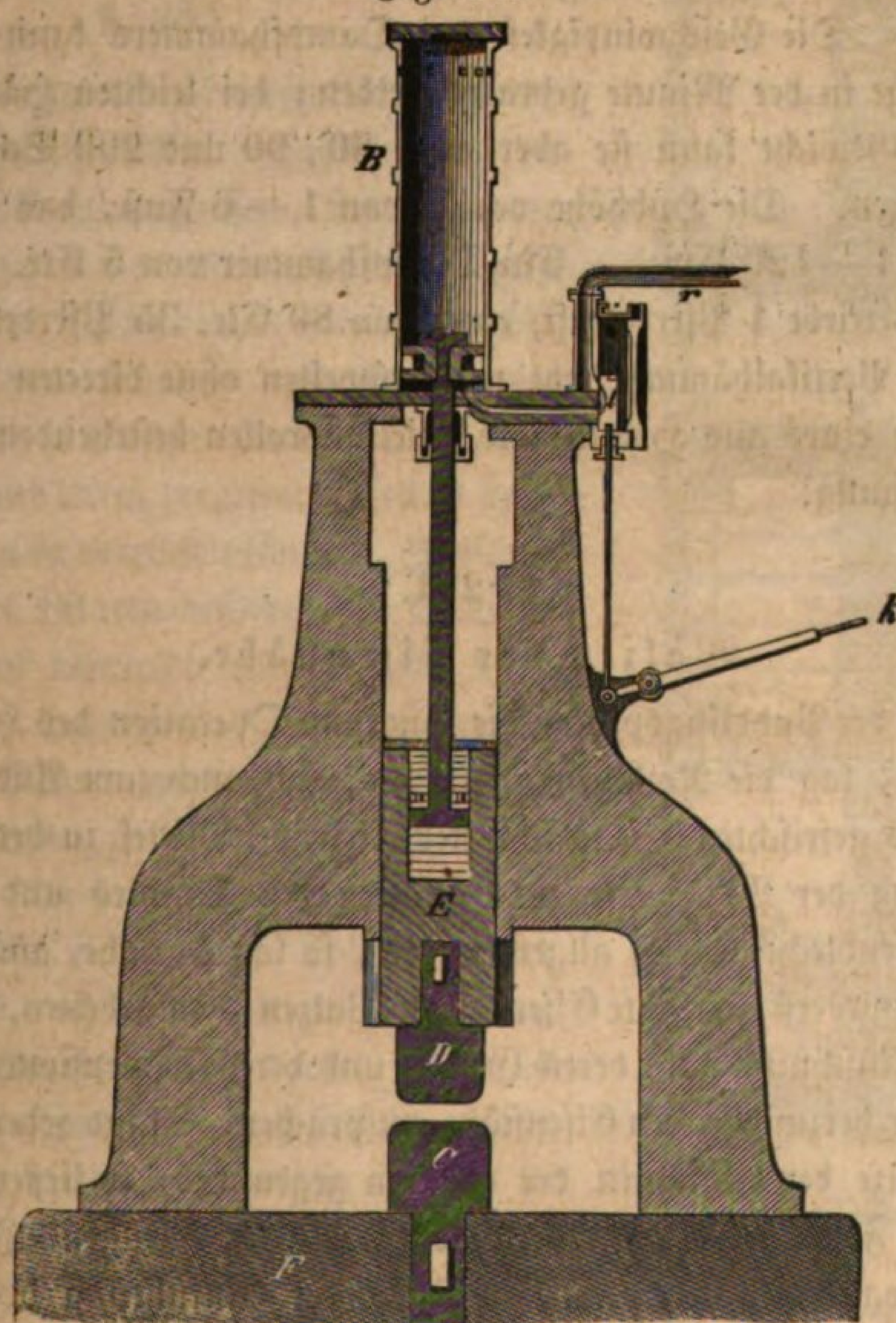
Dampfhammer.

Bei jeder um einen Drehpunkt stattfindenden, folglich im Bogen erfolgenden Bewegung ist der unvermeidliche Uebelstand, daß die Bahn (Schlagfläche) des Hammers nur in einer einzigen Stellung desselben parallel zur Ambosfläche ist. Werden daher Gegenstände von ungleicher Dicke zu verschiedenen Zeiten bearbeitet, so gelangt der Hammer in größerer oder geringerer Entfernung über dem Ambos zur Ruhe, in dessen Folge der Hammer in mehr oder weniger schiefer Richtung aufschlägt. Der genannte Uebelstand wäre sogleich beseitigt, wenn der Hammer nicht an einem drehbaren Stiele angebracht wäre, sondern mit Hülfe passender Leitungen auf- und niederginge. So construirte Hammerwerke wurden versucht, jedoch durch die Dampfhämmer (Stampf- oder Stempelhammer, selbstwirkender Hammer, Vertikalhammer, Fallhammer) überflüssig gemacht.

Bereits im Jahre 1806 ließ sich der Engländer Deverell ein Patent für einen Dampfhammer ertheilen, ohne daß es ihm gelang, seine Erfindung zur praktischen Ausführung zu bringen. Die gegenwärtig üblichen Dampfhämmer sind neueren Ursprungs, indem der erste von Nasmyth zu Patrikof bei Manchester im Jahre 1842 construirt wurde, welchem zahlreiche Nach-

bildungen, theilweise auch mit Modificationen (durch Dorning, Wurm, Condie, Gebr. Schneider, Borsig, Egells, Brown, Bramwell u. A.) folgten, ohne daß eine andere Construction im Stande gewesen wäre, den Nasmyth'schen Hammer zu verdrängen. Beifolgende Zeichnung (Fig. 74) soll einfach das Princip der Construction eines Dampfhammers im Allgemeinen verdeutlichen. In dem Dampfcylinder B bewegt sich der Dampfkolben n luftdicht auf und ab; die Kolbenstange t ist mit der gußeisernen Masse E verbunden, in welcher der Hammer D befestigt ist. Der Ambos C ist auf der Unterlage F befestigt. Tritt nun Dampf in den Cylinder

Fig. 74.



unterhalb des Kolbens, so geht der Kolben in die Höhe bis zu dem Augenblicke, wo man den Dampfzufluß absperrt. In demselben Momente wird aber dem Dampf auszuströmen gestattet und der Hammer fällt in Folge seiner Schwere herab. Entweicht der Dampf mit der Geschwindigkeit, welche dem

freien Falle des Hammers entspricht, so geschieht der Schlag auf das auf dem Ambos liegende glühende Eisen mit völliger Kraft des freifallenden Klotzes. Läßt man dagegen durch theilweises Schließen des Dampfausströmungsrohres r den Dampf langsamer ausströmen, so fällt der Hammer mit verminderter Geschwindigkeit herab. Verschließt man mit Hülfe des Schiebers k das Dampfabflußrohr gänzlich, so kann man in jedem Momente den Hammer gänzlich aufhalten. Wie vollständig dies geschehen kann, zeigt der interessante Versuch, daß man mit einem 50 Centner schweren Dampfhammer auf dem Ambos liegende Wallnüsse aufknacken kann, ohne den Kern im geringsten zu beschädigen. Die Regulirung des Dampfzu- und Abflusses geschieht entweder mit Hülfe der Steuerung durch den Arbeiter, oder auch durch den Dampf selbst. Die Geschwindigkeit des Dampfhammers kann bis auf 70 bis 80 Schläge in der Minute gebracht werden; bei leichten Hämmern von 2—20 Ctr. Gewicht kann sie aber auch 80, 90 und 200 Schläge in der Minute betragen. Die Hubhöhe variirt von 1—6 Fuß, das Gewicht der Hämmer von 1—120 Ctr. — Ein Dampfhammer von 5 Ctr. Gewicht erfordert zum Betriebe 4 Pferdekraft, einer von 80 Ctr. 35 Pferdekraft.

Kleinere Vertikalhämmer setzt man zuweilen ohne directen Dampf und nur mit Hülfe eines aus Hebeln und Frictionsrollen bestehenden Mechanismus in Bewegung.

§. 284.

Walzen der Eisenstäbe.

Seitdem der Puddlingsproceß die langsame Operation des Herdfrischens verdrängt hat, lag die Nothwendigkeit vor, sich auch zum Ausstrecken und Bearbeiten des gefrischten Eisens schneller wirkender Mittel zu bedienen. Da die Anwendung der Walzwerke zum Plätten des Drahtes und zur Fabrikation des Eisenblechs bereits allgemein war, so lag es nahe, auch das durch den Puddlingsproceß gefrischte Eisen durch Walzen zu bearbeiten, indem man den Walzen Einschnitte gab, deren Gestalt und deren Dimensionen der Breite und Stärke der herzustellenden Eisenstäbe entsprachen. Stand jedem Einschnitt der einen Walze der Einschnitt der anderen gegenüber, so ließen sich Stäbe von beliebiger Form des Querschnittes durch Walzen erzeugen. In England, wo die Stabwalzwerke als natürliche Folge der Einführung des Eisenpuddelns zuerst Anwendung fanden, wurden dergleichen Walzwerke erst um das Jahr 1800 angewendet, in Frankreich gegen 1806, in Deutschland um das Jahr 1820 eingeführt. Gegenwärtig sind sie allgemein an die Stelle der Stabeisenhammerwerke getreten.

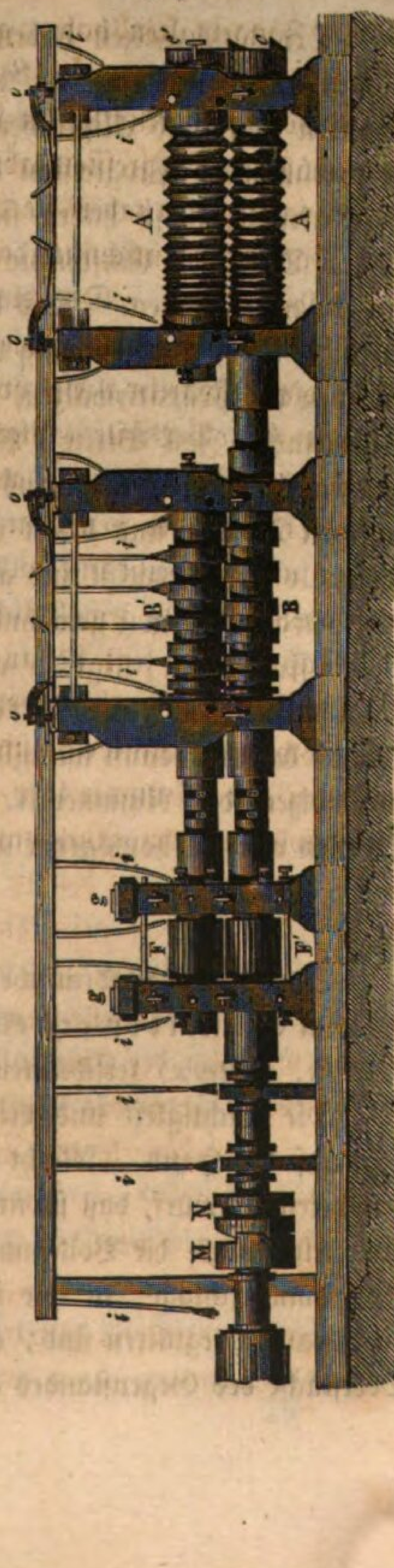
Die Walzwerke lassen sich in drei Abtheilungen bringen.

1) Die Zängewalzen (cylindres à cingler), welche das durch den Hammer und das Quetschwerk angefangene Auspressen der Schlackentheile und das Zusammenschweißen der Luppe fortzusetzen bestimmt sind;

2) die Präparirwalzen (cylindres préparateurs, *puddler's roll*), zum ferneren Auswalzen der gezängten Eisen dienend;

3) die Reckwalzen (cylindres étireurs ou finisseurs, *finishing rolls*), welche dazu dienen, die nach dem Präpariren zerschnittenen, zusammengelegten und erhitzten Stangen zusammenzuschweißen und auszuwalzen.

Fig. 75.



§. 285.

Ein Walzwerk hat wesentlich folgende Einrichtung (Fig. 75). Die Gerüste, in denen die Walzen umlaufen, sind entweder Ständergerüste oder Pilarengerüste. Die Pilaren (colonnes) bestehen aus vier Säulen aus Guß- oder Schmiedeeisen, die in starke Sohlplatten eingelassen und darin dergestalt befestigt sind, daß sie sich nicht verrücken können. Zwischen je zwei dieser Pilaren befinden sich die Walzenlager, auf denen die Walzen nebst ihren Zapfen sich umdrehen. Die zusammengehörenden Pilaren werden oben durch Sättel oder Kappen zusammengehalten. Die Ständer (fermes, *housing frames*) der Ständergerüste sind mit der Sohlplatte und in der Regel auch mit der Kappe aus einem Stück gegossen, so daß ein derartiges Gerüst aus zwei gegossenen Ständern besteht. Meist wendet man die Ständergerüste an. B B′ sind cannelirte, gußeiserne Walzenpaare, von denen B B′ zum Walzen von Flachstäben, A A′ zum Walzen von Quadratstäben bestimmt sind. Mittelst der Schrauben können die oberen Cylinder den unteren beliebig genähert werden. Aus den Röhren i i fließt Wasser auf die sich erhitzenden Theile des

Walzwerkes. Durch die Vorrichtung M N kann das Walzwerk außer Verbindung mit der bewegenden Kraft gesetzt werden. Die Räder F und c übertragen die Bewegung auf die Räder F′ und c′, welche an den oberen Walzen B′ und A′ sitzen, und bewirken eine Umdrehung derselben in entgegengesetzter Richtung. Unter den Walzen befindet sich gewöhnlich eine Grube, in der Hammerschlag und Schlacken sich ansammeln können.

§. 286.

Die Zängewalzen haben gewöhnlich ohne die Zapfen eine Länge von 5 Fuß und eine Dicke von 18 Zoll und sind mit 5 – 7 ringförmigen Einschnitten von halb elliptischem Querschnitt versehen, deren Breite und Tiefe in regelmäßiger Progression abnehmen. Sind die Zängewalzen zugleich Präparirwalzen, so haben sie außer den elliptischen Einschnitten auch rechteckige. Damit die Einschnitte das Eisen fester packen, sind die gröberen in der Regel rauh gehauen. Das durch die Zängewalzen gegangene und dadurch in kurze, dicke, unregelmäßig viereckige Stäbe verwandelte Eisen gelangt nun zwischen die Präparirwalzen, zwischen denen es zu flachen Stäben von $^1/_2$ Zoll Dicke und 4 Zoll Breite (Plattinen, *mill bars*) ausgewalzt wird. Das ausgewalzte Eisen besteht aus unvollkommen zusammengeschweißten, schlackehaltigen Theilen und besitzt nur wenig Zusammenhang. Es wird deshalb nochmals umgeschweißt und ausgewalzt. Zu diesem Behufe zerschneidet man das gewalzte Eisen (gewöhnlich mit Nr. I bezeichnet) in kurze Stücke von 2 — 3 Fuß Länge, legt sie aufeinander und erhitzt diese Paquete in einem Flammenofen (Schweißofen) bis zur starken Schweißhitze. Ein solches Paquet kommt sodann weißglühend unter die Reckwalzen und führt nach dem Auswalzen die Nummer II. Durch wiederholtes Zusammenkneten und Strecken wird es homogener und in Nr. III verwandelt.

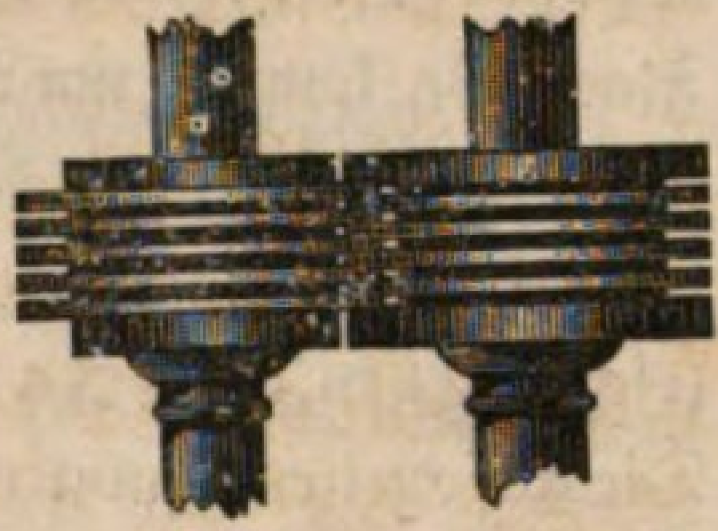
§. 287.

Sehr dünne quadratische Eisenstäbe (z. B. für Nagelschmiede) werden auf dem Schneidewerk oder Schneidewalzen (cylindres fendeurs, *cutters, slitters*) zerschnitten.

Die Wichtigkeit und die Bedeutung der Walzwerke für die Industrie liegt auf der Hand. Macht man der Wirkungsweise des Hammers den begründeten Vorwurf, daß sie neben Beeinträchtigung des ökonomischen Effectes, für viele Zwecke die Vollkommenheit der Leistung verminderе, da die Kraft der Hammerschläge, so wie ihre Anordnung auf das zu bearbeitende Eisen nie genau zu reguliren sind, eine vollkommen regelmäßige Gestalt und ebene Oberfläche des Gegenstandes auch nie erzielt werden kann, daß der Hammer

endlich auch nur beschränkte Anwendung finden könne, da er überall dort ausgeschlossen ist, wo abwechselnd kleine Erhöhungen und Vertiefungen auf der Oberfläche hervorgebracht werden sollen, so gilt nicht dasselbe von den Walzwerken, welche bei Vermeidung von jedem Zeitverlust, mit großer Kraft die regelmäßigsten Gestalten mit glatter, oder nöthigenfalls auch verzierter Oberfläche erzeugen. Da nach und nach alle Punkte der Peripherie der Walze zur Wirksamkeit gelangen und die Walze sich uaunterbrochen dreht, so tritt keine Pause in der Bearbeitung des Eisens ein und es läßt sich eine Geschwindigkeit der Arbeit erreichen, gegen welche die der Hammerwerke verschwindend klein erscheint.

Fig. 76.



Aber auch das Walzen führt einen großen Uebelstand mit sich. Da die Wirkung der Walze wesentlich eine streckende ist, so ist die Festigkeit der gewalzten Eisenstäbe nach den verschiedenen Dimensionen auch eine verschiedene. Zieht man ferner in Betracht, daß das Walzen vorzugsweise bei dem Puddeleisen Anwendung findet, welches stets Schlackentheile enthält, die ein vollkommenes Zusammenschweißen der Eisentheile verhindern, so ist es klar, daß wenn die Eisentheilchen zwischen den Walzen gleichsam in Fasern verwandelt werden, das Eisen die Beschaffenheit eines aus durch Schlackentheile theilweise getrennten Fasern bestehenden Bündels annehmen muß. In der Richtung der Länge ist deshalb das gewalzte Puddeleisen von großer Zähigkeit und Festigkeit, in allen anderen Richtungen zeigt es dagegen mangelhaften Zusammenhang, der besonders bei der Verarbeitung von Blech aus gepuddeltem Eisen wahrzunehmen ist.

§. 288.

Arten des Stabeisens.

Das durch Schneiden oder Walzen in Form von Stäben oder Stangen gebrachte **Stabeisen** (fer en barres, *bar-iron*) heißt **Hammereisen** (fer forgé, *tilted iron*) oder **Walzeisen** (fer cylindré, fer laminé, *rolled iron*) und wird je nach der Gestalt des Querschnittes unterschieden als

1) **Quadrateisen** (fer carré, *square iron*) mit quadratischem Querschnitte;
2) **Flacheisen** (fer méplat, *flat-iron*), dessen Querschnitt ein Rechteck ist mit verschiedenen Verhältnissen von Breite und Dicke;
3) **Rundeisen** (fer rond, *round-iron*) mit kreisförmigem Querschnitte;

4) Façoneisen, das einen sehr verschiedenartigen, aber keinen quadratischen, rechteckigen oder runden Querschnitt haben kann.

Zu kleineren Dimensionen verarbeitetes Quadrateisen und Rundeisen nennt man Reckeisen. Die dünnsten rechteckigen Sorten heißen Nageleisen (*nail rods*). Die dünnste Sorte des Flacheisens heißt Band- oder Reifeisen (fer en rubans, feuillard, *hoops*). Dünnes Quadrat- und Flacheisen kommt, um Arbeit zu ersparen, oft, nicht glatt geschmiedet, sondern in einem Zustande in den Handel, in welchem die wellenförmigen Eindrücke, die mit dem Hammer hervorgebracht wurden, noch wahrzunehmen sind, solches Eisen heißt Zain-, Knoppern- oder Krauseisen (carillon). Die Façoneisen kommen theils halbrund, theils kreuzförmig zu Fenstersprossen und in vielerlei Gestalten und Dimensionen vor. Das mit Hülfe der Schneidewerke dargestellte Stabeisen führt den Namen Schneideisen (fenton, *slitted iron*).

§. 289.

Ramaßeisen.

Bei der Verarbeitung des Schmiedeeisens zu Draht, Blech, Nägeln und eisernen Geräthschaften fallen viele Abgänge, welche wieder zu einer Masse zusammengeschweißt werden müssen, um diese wieder zu Stäben auszuschmieden oder auszuwalzen. Das in Paquete (ramasse, *fagot*) zusammengebundene Eisen wird in geschlossenen Oefen (*fagotted iron furnaces*) zusammengeschweißt und die Masse in Stäbe (Ramaßeisen, fer de ramasse, *fagotted iron*) verwandelt. Der Abgang bei diesem Verfahren beträgt 11—12 Proc. Beim Zusammenschweißen sehr fein zertheilter Abfälle, wie z. B. feiner Dreh- und Bohrspäne, welche dem Verstäuben und Verbrennen sehr ausgesetzt sind, erhöht sich der Verlust häufig bis auf 30—40 Proc.

§. 290.

Schmieden und Schweißen von Eisen mit Hülfe von Hammer und Ambos.

Die Werkzeuge beim Schmieden sind der Hammer und der Ambos. Die Hämmer sind entweder große vom Wasser getriebene Hämmer (Wasserhämmer) von derselben Construction, wie die zum Ausschmieden des Stabeisens angewendeten, oder sie sind Handhämmer. Erstere dienen entweder zum Schmieden sehr großer Gegenstände, wie Anker, großer Ambose, oder solcher Eisenwaaren von geringeren Dimensionen, welche, wie Gewehrläufe, Sicheln und Sensen, Ahlen, Löffel u. s. w., fabrikmäßig erzeugt werden. An den Handhämmern hat man die beiden Endflächen zu unter-

scheiden; die eine quadratische, etwas convexe Fläche heißt die Bahn (table, *face*), die andere breite und abgerundete die Finne (pinne, panne, *pane*). Der Hammer selbst besteht aus Schmiedeeisen, die Bahn und die Finne aus Stahl. Je nach der Größe der Handhämmer unterscheidet man die 2—5 Pfund schweren Schmiedehämmer und die 6—18 Pfund wiegenden Zuschlaghämmer.

Der Ambos (enclume, *anvil*), der dem umzuschmiedenden Eisen als Unterlage dient, ist eine Schmiedeeisenmasse, deren obere Seite (die Bahn) verstählt und in der Regel flach ist. Häufig ist der Ambos oben mit einem horizontal auslaufenden kegelförmigen Ansatze (dem Horn, bigorne, *beak*) versehen, auf dem man das Eisen rund biegt, Ringe und kurze Rohrstücke schweißt u. s. w. Die mit dem Horn versehenen Ambose heißen englische Ambose.

Sollen Gegenstände von runder oder anderer, zwischen Hammer und Ambos direct nicht zu erzielender Form hergestellt werden, so wendet man verstählte Formen, sogenannte Gesenke an, die zugleich mit dem zwischen ihnen liegenden Eisen der Einwirkung des Hammers ausgesetzt werden. Sind die zu schmiedenden Gegenstände klein, so müssen die Hammerschläge möglichst schnell auf einander folgen, damit die Glühhitze des Eisens möglichst vortheilhaft benutzt werde. Da eine sehr große Kraft des einzelnen Hammerschlages in vielen Fällen unnöthig, ja selbst schädlich sein würde, so wendet man häufig anstatt des Hammerwerkes die Schmiedemaschine (machine à forger, *forging machine*) an, welche mit schwachen, aber schnell auf einander folgenden Stößen wirkt. Bei der von W. Ryder in Bolton im Jahre 1841 erfundenen Schmiedemaschine werden eine gewisse Anzahl neben einander stehender und für das Ausschmieden eines gewissen Gegenstandes entsprechend geformter Obergesenke durch eine mechanisch getriebene und mit excentrischen Scheiben versehene Welle gegen entsprechende Untergesenke niedergetrieben. Die Welle macht 200 und mehr Umdrehungen in einer Minute, folglich jedes Obergesenk eine gleiche Anzahl mäßig stoßender Bewegungen gegen das im Untergesenke liegende Eisen. Die Schmiedemaschine gewährt ausgezeichnete Leistungen mit großer Zeitersparniß.

§. 291.

Das zu schmiedende Eisen wird in der Schmiedeesse bei Holz-, Steinkohlen- (Schmiedekohlen-) oder Koksfeuer unter Mitwirkung eines Blasebalges oder eines Centrifugalgebläses erhitzt. Die Gebläseluft gelangt durch ein prismatisches Stück Schmiedeeisen, die Schmiedeform, in eine flache Vertiefung des Herdes, die Feuergrube, in welcher das Brennmaterial

sich befindet. Unter dem Herde oder in dessen Nähe befindet sich ein Wasserbehälter (der Löschtrog), dessen Wasser zum Besprengen der Kohlen, zum Ablöschen (Härten) von Stahlgegenständen und zum Abkühlen der Schmiedewerkzeuge dient. Oberhalb des Herdes ist ein Rauchfang von Blech oder Mauerwerk angebracht, welcher den Rauch in den Schornstein führt.

Holzkohlen erzeugen die schnellste Hitze und sind wegen ihres geringen Gehaltes an Aschebestandtheilen, welche außerdem das Eisen verunreinigen könnten, ein vorzügliches Brennmaterial, ihr Preis ist jedoch in vielen Gegenden ein so hoher, daß sie meist den Steinkohlen Platz gemacht haben. Unter den verschiedenen Arten der Steinkohlen eignen sich die Backkohlen (Schmiedekohlen) am besten zum Gebrauche beim Schmieden des Eisens; sie sind leicht entzündlich und sintern während des Brennens zu einer Masse oder einer Rinde zusammen, durch welche die Gebläseluft zusammengehalten, der Wärmeeffekt gesteigert und an Brennmaterial gespart wird. Die Steinkohlen werden als Kohlenklein (Schmiedegrus) und mit Wasser befeuchtet angewendet; dadurch erhalten die Kohlen schon einen gewissen Zusammenhang und lassen sich in beliebige Form auf dem Herde bringen, wodurch das später folgende Backen vorbereitet wird. Koks finden entweder für sich, oder mit Schmiedekohlen gemischt, Anwendung. Sie zeichnen sich durch rasche und intensive Hitze aus. 55—65 Pfund Koks sind gleichwerthig 100 Pfund Steinkohlen.

Während des Brennens werden die Kohlen vermittelst einer Art Besen (des Löschwedels) mit Wasser gespritzt (gelöscht). Wenn gleich die Möglichkeit vorliegt, daß das Wasser sich mit der erhitzten Kohle in Kohlenwasserstoffgas und Kohlenoxydgas umsetze und dadurch zur Steigerung des Hitzeeffektes beitrage, so bezweckt doch das Löschen der Kohlen hauptsächlich die Abkühlung der äußersten Schichten, damit dieselben nicht unnützerweise verzehrt werden.

Der Verbrauch an Brennstoff innerhalb einer Stunde erreicht folgende Höhe:

	Schmiedekohlen.		Koks.		Holzkohlen.	
	Kalter	heißer Wind.	Kalter	heißer Wind.	Kalter	heißer Wind.
für ein Schlosserfeuer	4—6 Pfd.	$3\frac{1}{2}$—$4\frac{1}{2}$ Pfd.	$2\frac{1}{2}$—$3\frac{1}{2}$ Pfd.	2—$2\frac{3}{4}$ Pfd.	$3\frac{1}{2}$—5 Pfd.	4—5 Pfd.
für ein Schmiedefeuer, in welchem Stabeisen von 1—2 Quadratzoll Querschnitt verarbeitet wird.	$6\frac{1}{2}$—9 Pfd.	5—$6\frac{1}{2}$ Pfd.	4—$5\frac{1}{2}$ Pfd.	3—4 Pfd.	$5\frac{1}{2}$—$7\frac{3}{4}$ Pfd.	$4\frac{1}{4}$—$5\frac{1}{2}$ Pfd.

§. 292.

Die einzelnen Arbeiten des Schmiedens sind außerordentlich mannigfaltig, bald soll der Schmied dem Eisen durch Dehnen oder Austreiben mit

Hülfe des Hammers allein die erforderliche Form geben, bald muß er das Eisen durch Stauchen in der Längenrichtung auf sich selbst zusammendrücken, damit entsprechend die Dicke wachse, bald ist ein fertiges Arbeitsstück von dem Eisenstabe, der das Material lieferte, durch Abschroten zu trennen, bald ist das Eisen zu durchlöchern ꝛc. In allen Fällen, wo die Gestalt des herzustellenden Gegenstandes durch die gewöhnlichen Hülfsmittel des Schmiedes nicht vollkommen genau hergestellt werden kann, oder wenn viele Stücke in Form und Dimensionen die größte Uebereinstimmung zeigen müssen, wie z. B. bei Schraubenmuttern, schlägt der Schmied das durch Schmieden soweit als möglich roh geformte Eisen in vertiefte Formen aus verstähltem Schmiedeeisen, Gesenke (étampes, *swages*), die entweder nur aus einem untern Theile (dem Untergesenke, dessous, *bottom swage*), oder wie bei den Schmiedemaschinen (§. 290) aus einem unteren und einem oberen Theile (Obergesenke, dessus, *top swage*) bestehen; das Obergesenke hat eine hammerähnliche Gestalt, um, indem es herabfällt, das zwischen beiden Gesenken liegende Eisen zu formen.

§. 293.

Die am häufigsten vorkommende Arbeit beim Schmieden ist die Vereinigung verschiedener Eisenstücke zu einem Stücke, oder das Schweißen (souder, *welding*), welches sich auf die so überaus wichtige Eigenschaft der Schweißbarkeit des Schmiedeeisens (vergl. Seite 32) gründet. Durch das Schweißen findet eine Vereinigung statt von Eisen mit Eisen, Eisen mit Stahl, Stahl mit Stahl. Die durch Zusammenschweißen zu verbindenden Stücke werden bis zur Schweißhitze (chaude suante, *welding heat*) erhitzt — bei welcher das Eisen auf der Oberfläche sich mit einer wellenförmig bewegenden Flüssigkeit bedeckt und aus dem Feuer entfernt, unter lebhaftem Weißglühen glänzende Funken sprüht — und, nachdem sie übereinander gelegt wurden, durch den Hammer vereinigt. Eine vollständige Vereinigung geschieht aber nur dann, wenn beide Flächen rein und metallisch und nicht durch eine Schicht von Abbrand oder Zunder (Eisenoxydul-Oxyd) von einander getrennt sind. Es ist daher während des Erhitzens die Zunderbildung möglichst zu verhüten und die geringe Schicht des unvermeidlich sich bildenden Zunders in eine dünnflüssige Schlacke zu verwandeln, welche, indem sie die Oberfläche des Eisens überzieht und dasselbe gleichsam glasirt, dessen fernere Oxydation verhindert. Durch das nachherige Hämmern wird die Schlacke vollständig durch die Schweißfuge entfernt. Zur Verschlackung des Zunders wendet man beim Schweißen von gewöhnlichem Schmiedeeisen thonhaltigen Sand (Schweißsand) an, mit welchem man das im Feuer liegende Eisen

bestreut. Bei feineren Stahlsorten wird gestoßenes grünes Glas benutzt. C. Hustig empfiehlt zum Schweißen von englischem Gußstahl und zwar auf Eisen, so wie auf Stahl, Mauermörtel und zwar einen mehr lehmigen als sandigen, mit etwas gelöschtem Kalk vermischt; Habich schlägt ein Gemisch von entwässertem Borax mit Cyankalium oder Cyannatrium vor: man mischt 7 Th. trocknes Blutlaugensalz mit 2 Th. calcinirter Soda zu einem Gemenge, welches schon für sich anwendbar ist; für die schwerer schweißbaren Stahlsorten aber setzt man eine angemessene Menge des calcinirten Borax hinzu, welche durch die Erfahrung bestimmt wird. Ein anderes Pulver zum Schweißen von englischem Gußstahl, das neuerdings vielfach empfohlen worden ist, besteht nach Th. Rust [1]) aus

Borsäure	41,5	Theilen
trocknem Kochsalz	35	,,
Blutlaugensalz	15,5	,,
calcinirter Soda	8	,,

Andere Vorschriften enthalten außer den genannten Substanzen auch noch Colophonium, welches indessen zu beseitigen ist, weil sonst der Kohlenstoffgehalt der Masse zu groß und auf den Berührungsflächen des Metalles eine allzu kohlereiche Stahlhaut sich bilden würde, welche die Schweißbarkeit beeinträchtigt. Daß man bei obiger Vorschrift die theure Borsäure und die Soda zweckmäßig durch Borax ersetzen könne, liegt auf der Hand.

Bei gelungener Schweißung ist an der Verbindungsstelle nach dem Abfeilen höchstens eine dunklere Linie (Schweißnaht) zu bemerken, die den Fugenrand durch eine Spur sitzen gebliebenen Abbrandes andeutet.

In einzelnen Fällen werden auch Walzwerke zur Verarbeitung von Stabeisen (natürlich abgesehen von der Blech- und Drahtfabrikation) in Anwendung gebracht, so unter andern bei der Herstellung von Eisenbahnschienen (*rails*) auf den Schienenwalzwerken. Obgleich mit einem Grobeisenwalzwerke von 14 Zoll Durchmesser und $3^1/_3$—$3^1/_2$ Fuß Körperlänge alle Schienen, selbst die stärksten angefertigt werden können, so zieht man doch die Anwendung von Walzen von 15—18 Zoll Dicke und $3^3/_4$—$4^1/_2$ Fuß Länge, welche 55—65 Umdrehungen in der Minute machen, allgemein vor [2]).

---

[1]) Vergl. meinen Jahresbericht der chem. Technologie für 1856; Leipzig 1857, Artikel „Eisen".

[2]) Vergl. Hartmann, praktische Eisenhüttenkunde nach Le Blanc, Walter de St. Ange ɿc. Weimar 1846. Bd. IV. p. 210.

Die Blechfabrikation.

§. 294.

Unter **Blech** (*plaque*, *plate*) versteht man ein durch Hammer- oder Walzwerke erzeugtes, hinsichtlich der Länge und Breite sehr dünnes Metallstück. Man verlangt von einem Bleche, daß es bei vollkommen gleicher Dicke eine glatte und ebene Oberfläche besitze.

Je nachdem das Blech durch Hämmer oder durch Walzwerke erzeugt worden ist, unterscheidet man **geschlagenes** (*plaque faite au marteau*, *hammered plate*) und **gewalztes Blech** (*plaque laminée*, *rolled plate*). Bei der größten Sorgfalt ist es kaum ausführbar, vermittelst des Hammers ein vollkommen glattes und gleich dickes Blech herzustellen. Diese Eigenschaften sind aber bei großer Schnelligkeit der Ausführung durch die Walzwerke, deren Einführung eine gänzliche Umgestaltung der Blechfabrikation bewirkte, leicht zu erreichen. Das erste gewalzte Messingblech wurde in Oesterreich von einem Engländer 1791 fabricirt; Eisenblechwalzwerke treten erst im Jahre 1820 auf.

Die stets vom Wasser getriebenen **Blechhämmer** haben dieselbe Construction wie die Hämmer, deren man sich zum Schmieden des Eisens (§. 279. Seite 281) bedient. Das **Blechwalzwerk** ist im Allgemeinen eben so wie das gewöhnliche Stabeisenwalzwerk beschaffen, nur sind die beiden Cylinder genau und glatt abgedreht und abgeschliffen und in einem Gerüste in der Weise über einander gelegt, daß sie je nach der Dicke des zu erzeugenden Bleches einander genähert oder von einander entfernt werden können. Indem das in Blech zu verwandelnde Metall durch die in Drehung versetzten Walzen geht, wird es flach gepreßt, so daß seine Dicke der des Abstandes der beiden Walzen gleich ist. Indem das Metall von Neuem durch die einander näher gebrachten Walzen geht, findet eine abermalige Abnahme der Dicke statt, welche mit einer Vergrößerung der Fläche, die hauptsächlich in der Längenrichtung stattfindet, wahrzunehmen ist. Wie bereits bei der Eisengießerei (Seite 247) erwähnt wurde, sind die Cylinder in der Regel aus hartem Gußeisen und durch Schalenguß dargestellt. Die Länge der Cylinder beträgt auf den Blechwalzwerken 4, 6, ja selbst zuweilen 8 Fuß. Kleine Walzwerke, welche nur schmale Metallstücke platt zu drücken bestimmt sind, haben oft nur eine Länge von 1 — 2 Zoll. Man nennt ein solches Walzwerk ein **Plättwerk** (*flatting mill*).

Eisen und Stahl, theilweise auch das Kupfer verarbeitet man im glühenden Zustande zu Blech, das Zink bei einer Temperatur von 100—150°, die übrigen Metalle (Blei, Gold, Silber, Platin, Zinn u. s. w.) kalt.

§. 295.
Eisenblech.

Das zur Blechfabrikation anzuwendende Eisen muß möglichst weich und dehnbar und überhaupt möglichst rein sein. Die Form des anzuwendenden Eisens ist nicht von Belang, doch liegt es in der Natur der Sache, daß Flacheisen zur Blechfabrikation sich besser eignet als Quadrateisen. Die Blecherzeugung geschehe unter dem Hammer oder unter dem Walzwerke, in jedem Falle wird mit Verhauen des Stabeisens begonnen. Es werden nämlich die Stäbe vermittelst eines Setzeisens unter dem Hammer, oder durch große, durch Elementarkraft in Bewegung gesetzte Scheeren in Stürze, d. h. Stücke von angemessener Länge zertheilt.

Die Hämmer zur Verfertigung des geschlagenen Eisenblechs haben gewöhnlich 4—4½ Ctr. Gewicht und 22 Zoll Hubhöhe. Die Bahn des Hammers hat bei 14 Zoll Länge eine Breite von ¾ Zoll. Die Ambosbahn ist ein wenig convex. Die verhauenen Stürze werden gewärmt und dann zuerst an dem einen Ende bis auf das Doppelte ihrer ursprünglichen Breite unter dem Hammer ausgestreckt, darauf abermals erwärmt, um auch die zweite Hälfte auszubreiten. Darauf wird der bearbeitete Sturz zur Hälfte umgebogen, und das umgebogene Ende oder der Saum durch den Hammer zusammengeschlagen. Die bearbeiteten Stürze heißen Urwellstürze, die Arbeit selbst das Urwellen. Ein fertiger Urwellsturz besteht demnach aus zwei Hälften, von denen eine jede ein Blech liefert. Die geurwellten Stürze werden wieder gewärmt, beim Saumende mit der Zange gepackt und das Vorderende bis zur doppelten Breite der Stürze ausgebreitet, abermals gewärmt und darauf beim Saumende ausgebreitet. Diese Arbeit heißt das Gleichen oder Stürzen. Damit die Stürze beim Erhitzen nicht an einander schweißen, taucht man sie in ein flüssiges Gemisch von Wasser, Thon, Kreide und Kohlenpulver (Hahnenbrei). Man bringt die Stürze nun in Haufen (je nach der Stärke der Bleche 6—20 Stürze, welche zusammen einen Centner wiegen). Ein solcher Haufen wird Zange (oder auch Pack) genannt. Die Anzahl der Zangen, welche auf einmal in Arbeit kommen, heißt Zeche. Jede Zange wird einzeln erwärmt und unter den Hammer gebracht. Das erste Schmieden heißt das Packschmieden, das zweite das Abrichten oder Pritschen der Bleche, durch letzteres werden alle Unebenheiten und Beulen der Bleche ausgeglichen. Nach beendigtem Abrichten werden die Päcke noch mit einem hölzernen Hammer geprischt, um die Oberfläche möglichst zu ebenen. Darauf werden die fertigen Bleche mit einer Wasser- oder Handscheere beschnitten.

Abgesehen von den fehlerhaften Blechen und den Abschnitten, fallen auch kurze Enden beim Verhauen der Eisenstäbe. Nach Karsten geben 100 Ctr. Eisenstäbe:

60	Ctr.	Blech
30	„	Abschnitte
8—10	„	Abbrand.

Werden die Abschnitte in der Blechhütte selbst wieder verarbeitet, so rechnet man aus 100 Ctr. Eisenstäben eine Ausbeute von 80 Ctr. Blech.

§. 296.

Bei der Fabrikation von Blech mittelst Walzen wendet man meist ein Sturzwalzwerk, unter welchem die verhauenen Stäbe zu Stürzen, und ein Schlichtwalzwerk, unter dem die Stürze zu fertigem Blech ausgewalzt werden, an. Der Feuermann erhitzt die Stürze bis zum Glühen und übergiebt sie einzeln dem Walzenarbeiter, der sie mit Hülfe eines zweiten Arbeiters drei- bis viermal durch das Sturzwalzwerk, dessen Walzen nach jedesmaligem Durchgange enger zusammengeschraubt werden, gehen läßt. Die zur gehörigen Länge ausgewalzten Stürze werden in der Mitte umgebogen und zusammengeschlagen, in Hahnenbrei getaucht, oft zwei-, auch dreifach in einander gesteckt und dann, nach wiederholtem Glühen, unter den Schlichtwalzen weiter bearbeitet. Ehe der geglühte Sturz durch die Walzen geht, muß der Glühspan abgeschlagen werden, weil sich derselbe sonst tief in das gewalzte Blech eindrücken würde. Die fertigen und beschnittenen Bleche werden geglüht und zuweilen auch noch gepreßt.

Nach Karsten liefern bei der Fabrikation von großen Blechsorten 100 Ctr. Eisenstäbe:

72	Ctr.	Blech
22	„	Abschnitte und kurze Enden
6	„	Abbrand.

Bei kleinen Sorten erhält man nur 50 Proc. an fertigem Blech.

§. 297.

Das Eisenblech bleibt entweder Schwarzblech (tôle, *sheet iron, iron plate*) oder es wird verzinnt und heißt dann Weißblech (fer blanc, *tin-plate*). Man unterscheidet von dem Schwarzbleche im Handel folgende Sorten: Schloßblech (für Flaschner, Schlosser, zu Salzpfannen ꝛc.), Kreuzblech (dickste Tafeln), Vorder- oder Feberblech und Senklerblech (dünnste Tafeln). Einige Blechhütten erzeugen noch andere Sorten von Schwarzblech, z. B. das sehr starke Malzbarrenblech zu den Malz-

barren, das weiche und zähe, aber starke Sturzblech zu Schlosserarbeiten, Röhren, Pfannen, das etwas schwächere Bodenblech u. s. w. Von dem gewalzten Eisenblech findet sich im Handel das einfache oder ordinäre Schloß- oder Schwarzblech, das Doppelblech und das Muster- oder Modellblech, welches nach von den Bestellern vorgeschriebener Höhe, Breite und Dicke gearbeitet wird.

Gutes Schwarzblech muß sich kalt hin und her biegen und an den äußersten Kanten lochen lassen, ohne auszureißen, so wie auch verlangt wird, daß es sich durch Hammerschläge nach verschiedenen Richtungen ausdehnen und einziehen lasse. Auf der Oberfläche des Bleches darf kein Schiefer und kein aufgebrannter Hammerschlag zu bemerken sein. Eine feine bläuliche Orydhaut wird als ein Kennzeichen guten Bleches betrachtet. Beim Beschneiden darf das Blech vor der Scheere weder knirschen, noch ausbröckeln. Die aus gepuddeltem Stabeisen gefertigten Bleche widerstehen der Hitze nicht so gut, als die aus dem bei Holzkohlenfeuer gefrischtem Eisen dargestellten. Dagegen ist es schwieriger, aus letzterem so große und so schwere Bleche, wie aus dem Puddlingseisen anzufertigen, welche gegenwärtig zu Dampfkesseln, Dampfböten 2c. so häufige Anwendung finden.

Schwarzblech läßt sich nicht löthen, sondern nur durch Falzen und Nieten vereinigen.

§. 298.

Weißblech.

Die Fabrikation des Weißblechs (fer blanc, *tin-plate*) unterscheidet sich von der des Schwarzblechs nur dadurch, daß die Stürze kleinere Dimensionen haben. Die erste Arbeit, welche im Wesentlichen mit dem Urwellen der Fabrikation von Schwarzblech übereinstimmt, heißt das Richtheißen und wird auch durch den Urwellhammer ausgeführt. Nach dem Richtheißen werden die Stürze paarweise zusammengelegt, in den Hahnenbrei getaucht und zu 50 zu einer Zange zusammengelegt. Vier Zangen bilden in der Regel eine Zeche, welche unter dem Breithammer durch Schmieden und Abrichten in das Dünneisen verwandelt wird, dem man durch Beschneiden nach dem üblichen Maße, welches es als verziertes Blech haben soll, die gehörige Form giebt. In vielen Hütten ist zweckmäßig das Urwellen mit dem Richtheißen zu einer Arbeit verschmolzen.

100 Ctr. Weißblechstäbe geben unter dem Hammer bei 25—27 Ctr. Abgang auf solchen Hütten 73—75 Ctr. Dünneisen, auf welchen die Abschnitte selbst wieder verarbeitet werden. Im Durchschnitt läßt sich nach Karsten annehmen, daß 100 Ctr. Blechstäbe im günstigsten Falle 46 Ctr.

Dünneisen und eine gleiche Gewichtsmenge an Abschnitten und Ausschußblechen liefern, so daß der Verlust durch Verschlacken und durch Glühspan in der Regel 8 Ctr. nicht überschreitet.

Bei der Anfertigung des Dünneisens unter Walzwerken müssen zur Verminderung der Abschnitte die Eisenstäbe möglichst breit und gut abgeschlichtet angewendet werden. Die Walzen müssen hart und glatt sein, weil die geringsten Unebenheiten der Walzen durch das Eindrücken des Glühspans sich zu erkennen geben. Bei der Herstellung von Weißblechen mit spiegelartigem Glanze (sogen. Brillantbleche) werden die vorgewalzten Blechtafeln, nachdem sie beschnitten und von allem Glühspan sorgfältig befreit worden sind, zwischen Polirwalzen durchgelassen, um ihnen eine möglichst glatte Oberfläche zu geben.

100 Ctr. Weißblechstäbe geben mindestens

50 Ctr. Dünneisen, dabei erfolgen
47 ,, Abschnitte, so daß der Verlust höchstens
3 ,, beträgt.

§. 299.

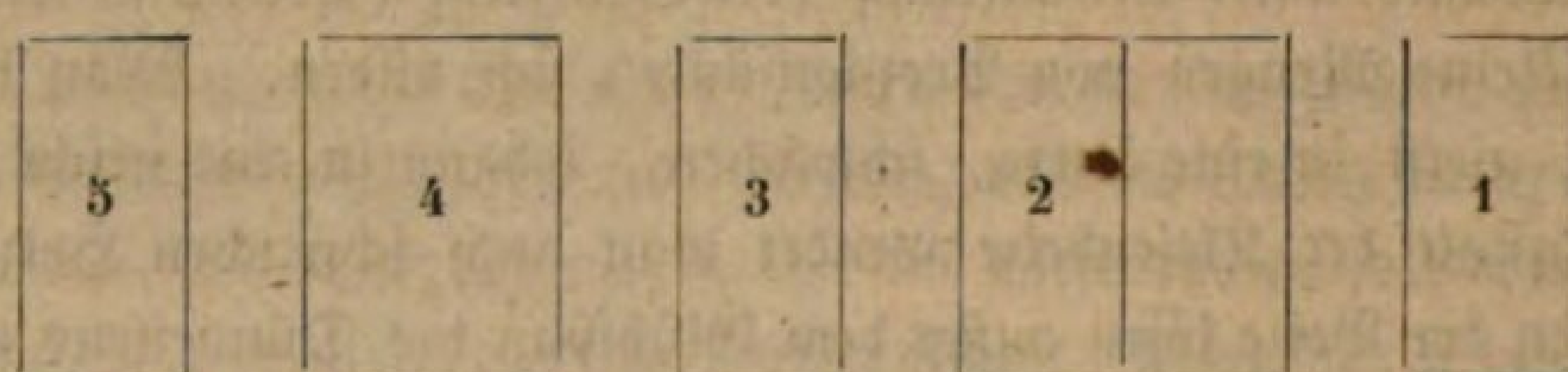
Die zu verzinnenden Dünneisen werden gebeizt, um den Glühspan zu entfernen und ihnen eine metallische Oberfläche zu geben, da nur auf einer solchen das Zinn haftet. Zur Beize wendet man diejenigen Säuren an, die durch Gährung eines Gemisches von Getreideschrot (Roggenschrot) oder Kleie mit Wasser unter Mitwirkung von Sauerteig (wesentlich Milchsäure, außerdem kleine Mengen von Propionsäure) sich bilden. Man bringt die Dünneisen zuerst in eine ältere, schwächere, sodann in eine frische, stärkere Beize. Anstatt der Kleienbeize wendet man auch schwachen Holzessig an. Die Säuren der Beize lösen außer dem Glühspan des Dünneisens auch noch den Thon und Kalk des Hahnenbreies auf. Die alte eisenhaltige Beize kann in dem Zeugdruck Anwendung finden. Nach dem Beizen werden die Dünneisen auf der Reibebank mit gröblich gepulverter Hohofenschlacke oder mit scharfem Sand gescheuert, um den nicht gelösten Glühspan mechanisch zu entfernen. Dieses Abreiben muß mit Sorgfalt geschehen, da alle nicht vollkommen blank gescheuerten Stellen unverzinnt bleiben. Die rein gescheuerten Bleche bleiben bis zum Augenblick der Verzinnung unter reinem Wasser.

Nach Thomas und Delisle soll bei Gegenwart von organischen Stoffen die Säure der Beize lediglich die Oxydschicht auflösen, ohne das Metall selbst im geringsten anzugreifen, wodurch ein wesentlicher Uebelstand bei der Weißblechfabrikation gehoben wird. Sie fanden zu diesem Zwecke u. a. Zucker, Gummi, Pflanzenertracte u. s. w. geeignet. Nach Lüders-

dorff ist hierzu schon ein Zusatz von etwas Holz- oder Steinkohlentheer ausreichend. —

§. 300.

Das Verzinnen geschieht auf folgende Weise. Es wird ein gußeiserner Kessel mit einem Gemenge von Blockzinn mit Körnerzinn gefüllt und nachdem das Zinn geschmolzen, so viel Talg hinzugefügt, daß das Zinn mit einer etwa 4 Zoll hohen Talgschicht bedeckt ist. Ein zweites Gefäß neben dem Zinnkessel enthält nur geschmolzenen Talg; in dieser Talgpfanne läßt man die Blechtafeln eine Stunde lang, ehe man sie in den Zinnkessel bringt. Aus der Talgpfanne kommen die Tafeln, gewöhnlich 340 auf einmal, auf ihrer Oberfläche noch mit Talg überzogen, vertikal in den Zinnkessel, in welchem sie $1^1/_2$ Stunden, auch wohl noch länger bleiben. Darauf legt man die verzinnten Tafeln auf einen eisernen Rost, damit ein Theil des überschüssigen Zinnes abfließe. Der Rest des Ueberschusses wird durch die Arbeit des **Waschens** entfernt. Zu diesem Behufe füllt ein Arbeiter eine eiserne Pfanne mit geschmolzenem Kornzinn; eine zweite Pfanne enthält geschmolzenen Talg; eine dritte leere Pfanne ist mit einem Gitter versehen, auf welches die verzinnten Blechtafeln gelegt werden; eine vierte Pfanne enthält nur eine $^1/_4$ Zoll dicke Schicht von geschmolzenem Zinn. Nachstehende Skizze zeigt die Reihenfolge dieser neben einander befindlichen Gefäße. Die Tafeln gehen von rechts nach links durch die Reihe der Gefäße.



Nr. 1. Ist der Zinnkessel.
Nr. 2. Feinzinnpfanne zum Reinigen der Tafeln; sie ist durch eine Scheidewand getheilt.
Nr. 3. Talgpfanne.
Nr. 4. Abtropfpfanne, in welcher das Gitter sich befindet, worauf die Tafeln zum Abtropfen gestellt werden.
Nr. 5. Abwerfpfanne.

Die Scheidewand in Nr. 2 soll das Gekrätz von dem Theile des Zinnes fernhalten, in welchen die Tafeln zum letzten Mal eingetaucht werden. Ist keine Scheidewand vorhanden, so muß beim jedesmaligen Eintauchen einer Blechtafel das geschmolzene Zinn abgeschäumt werden.

§. 301.

Nachdem die Gefäße vorbereitet sind, werden die Tafeln in die Feinzinnpfanne gebracht, welche gewöhnlich 10—12 Ctr. geschmolzenes Körnerzinn enthält. Durch das geschmolzene Metall wird das auf der Oberfläche des Bleches befindliche überschüssige Zinn entfernt. Nach dem Herausnehmen der Blechtafeln aus der Feinzinnpfanne werden dieselben auf beiden Seiten mit einer Hanfbürste gereinigt, dann zum zweiten Mal in die Feinzinnpfanne gebracht und sogleich darauf in die Talgpfanne Nr. 3 getaucht.

Ein geschickter Arbeiter kann innerhalb 12 Stunden 5625 einmal verzinnte Tafeln reinigen, obgleich jede Tafel auf beiden Seiten gebürstet und zweimal in die Feinzinnpfanne getaucht werden muß.

Die Theorie vorstehender Arbeit ist folgende: Durch das Verzinnen des gebeizten Dünneisens bildet sich eine Legirung des Eisens mit dem Zinn, so daß das verzinnte Blech aus fünf Schichten und zwar aus reinem Eisen im Innern, darauf auf beiden Flächen aus einer Eisen-Zinnlegirung und endlich auf der Oberfläche aus unreinem Zinn besteht. Durch das Waschen, d. h. durch das Eintauchen des verzinnten Bleches in geschmolzenes reines Zinn, wird die Schicht unreines Zinn entfernt (weggewaschen) und die Blechtafel mit einer Schicht reinen Zinnes überzogen. Das Verweilen in der Talgpfanne hat zum Zweck, das überflüssige Zinn wegzunehmen; je länger die Tafeln in dem Talg bleiben, desto weniger Zinn bleibt auf ihrer Oberfläche, weshalb dieser Theil der Arbeit große Aufmerksamkeit erheischt. Brächte man die Tafeln nicht in den Talg, so würde ihre Oberfläche wellenförmig werden.

§. 302.

Da die Blechtafeln in das geschmolzene Zinn vertikal eingetaucht werden, so bleibt nach dem Erkalten an jeder ein dicker Zinnrand (Tropfkante), welchen man dadurch entfernt, daß ein Arbeiter die Tafeln auf ihren unteren Rand in die Pfanne Nr. 5 (die Abwerfpfanne) stellt, die nur sehr wenig geschmolzenes Zinn enthält. Sobald die Tropfkante abgeschmolzen ist, wird die Tafel herausgenommen und ihr ein Schlag gegeben, wodurch das überschüssige Zinn zum größten Theile abfällt. Nach dem Abwerfen kommen die Bleche in den Weißwischkasten, worin sie mit einem Gemenge von Kleie und Kreide abgewischt werden, damit sie eine glänzende und reine Oberfläche erhalten. Aus dem Weißwischkasten bringt man die Bleche zum

Ueberfahren oder zum Abwischen des Staubes, welches mit Lappen geschieht. Die fertigen Bleche werden sortirt und in Kisten verpackt.

Gutes Weißblech muß überall gleich stark, ohne Erhabenheiten und Beulen und mit scharfen und gleichen Kanten versehen sein. Unverzinnte Stellen, Risse und Blasen sind Fehler, wodurch sich ein Blech zu Ausschuß eignet. Die Dimensionen der Bleche richten sich nach der Anwendung und nach der Gewohnheit. Auf mehreren deutschen Hütten findet man die Benennungen Doppelt- und Einfachkreuzblech (x x und x), Forderblech (F) und Senklerblech (S), von denen die letzteren die leichtesten und dünnsten sind. Außerdem hat man Ausschußblech (A).

§. 303.

Der Fehler der gewöhnlichen Blechverzinnung, zu große Weichheit und Leichtflüssigkeit, kann nach Buby und Lammatsch[1]) vermieden werden, wenn man das Zinn mit $^1/_{16}$ Nickel legirt. Der höhere Preis dieser Legirung soll sich dadurch compensiren, daß man nur halb so viel brauche.

Um die Weißblechabfälle zugute zu machen, hat E. Schunck[2]) drei Methoden angegeben. I. Behandlung der Abfälle mit einer siedenden Lösung von Natriumschwefelleber. Es bildet sich eine Lösung von Zinnsulfid-Schwefelnatrium ($SnS_2 + n\,NaS$). Man dampft sie zum Krystallisationspunkt ab und erhitzt die Krystalle in einem Flammenofen. Das Zinnsulfid verwandelt sich zuerst durch Röstung in Zinnoxyd, welches mittelst Kohle und Kalk reducirt wird. II. Man bringt die Abfälle in eine heiße Lösung von Bleioxyd in Kali- oder Natronlauge, oder III. in eine gemischte Lösung von chromsaurem Kali und Aetzlauge. In ersterem Fall schlägt sich metallisches Blei als schwarzes Pulver, in diesem Chromoxyd nieder. In beiden Fällen erhält man eine Lösung von zinnsaurem Alkali, die man in der Zeugdruckerei verwenden oder krystallisiren lassen und die Krystalle im Flammenofen reduciren kann; es fällt dabei eine Schlacke, die aus kohlensaurem Natron besteht und wieder benutzt wird.

§. 304.

Metallmoor (moiré metallique).

Das mit reinem Zinn verzinnte Weißblech zeigt gegen Säuren ein sehr eigenthümliches Verhalten, das im Jahre 1814 von dem Franzosen Allard entdeckt und lange Zeit zur Hervorbringung verzinnter Oberflächen Anwen-

---

1) Aus dem Brevet d'Invention in Dingl. polyt. Journ. CIX. pag. 315.

2) London Journal of arts 1849 pag. 15; Dingl. polyt. Journ. CXIII. pag. 372.

dung fand. Obgleich nämlich die obere Schicht des Weißbleches einen vollkommenen Spiegel zeigt, so kann man doch das Gewebe von Krystallen, woraus sie besteht, durch Auflösungsmittel deutlich sichtbar machen. Löst man Krystalle in Wasser oder in einer anderen Flüssigkeit auf, so findet der Angriff auf die Kante in anderer Weise als auf die Flächen, auf kleine Krystalle auf andere Weise als auf große statt; darin liegt der Grund, warum Eisenblech, mit verdünnten Säuren behandelt, ein perlmutterartiges Ansehen (moiré metallique) annimmt. Es lassen sich auf dem Weißblech Formen von verschiedener Gestalt hervorrufen, indem man entweder das Zinn auf der Oberfläche des Bleches vermittelst eines Löthkolbens an einzelnen Stellen schmilzt oder das Blech so stark erhitzt, daß das Zinn schmilzt und die Oberfläche an einzelnen Stellen schneller als an anderen erkaltet. Als Aetzflüssigkeit bedient man sich einer Mischung von 1 Th. Salpetersäure, 2 Th. Salzsäure und 3 Th. Wasser; nach dem Beizen reinigt man die Oberfläche mit Wasser. Auch der spiegelglänzenden Sorte der Zinnfolie läßt sich Moirirung ertheilen. Ein Zusatz von 1 Proc. Kupfer und 0,5 Proc. Silber sollen eigenthümliche Abänderungen in den entstehenden Figuren hervorrufen. Die moirirten Gegenstände werden meist mit einem farbigen Lacke überzogen.

§. 305.

Kupferblech.

Zur Darstellung des Kupferbleches (cuivre en plaques, cuivre laminé, *copper-sheet, copper-plate*) wird das geschmolzene Kupfer zu ziemlich dicken Platten ausgegossen und im rothglühenden Zustande unter dem Hammer ausgeschmiedet oder zwischen Walzen ausgewalzt. Häufig wird das Kupfer auch in kaltem Zustande ausgewalzt, indem das Blech nur dann, wenn es durch wiederholtes Walzen seine Sprödigkeit verloren hat, ausgeglüht und in kaltem Wasser abgelöscht wird, worauf mit dem Auswalzen fortgefahren wird. Beim Kaltwalzen findet ein Verlust an Metall durch Glühspan statt, der nur ungefähr 0,25 Proc. beträgt.

Das dünnste Kupferblech wird zusammengerollt verkauft und führt den Namen Rollblech (Flickblech). Die stärkeren Sorten führen je nach ihrer Verwendung die Namen Rinnen- oder Dachblech, das von den Kupferschmieden früher häufig zum Dachbedecken und zur Verfertigung von Rinnen und Dachsäumen verwendet wurde, Schlauchblech und Musterblech, von welchem letzteren die größeren und dickeren den Namen Schiffblech führen. Hieher gehören auch die Emaillirbleche zu den Zifferblättern

der Uhren und diejenigen Bleche, aus denen mittelst der Durchschnittmaschine die runden Platten zu den Kupfermünzen geschnitten werden.

§. 306.

Oft wird das Kupferblech auch plattirt (plaqué, doublé, *plated*), d. h. mit einer dünnen Lage von Gold oder Silber überzogen und dann zu plattirten Waaren (*Sheffield goods*) verarbeitet, deren Production fast ausschließlich England und zwar hauptsächlich der Stadt Sheffield angehört, wo sie im Jahre 1742 von Th. Bolsover zuerst eingeführt wurde. Die Herstellung der plattirten Waaren ist noch heutzutage fast die nämliche geblieben, wie es von dem Erfinder vorgeschrieben wurde, nur daß gegenwärtig die Silberplattirung gewöhnlich auf Neusilber geschieht, während früher allgemein Kupfer angewendet wurde, und daß man die Kanten der daraus gefertigten Gegenstände, die am meisten der Abnutzung ausgesetzt sind, aus Silber verfertigt, wodurch der früher so störende Uebelstand plattirter Waaren, daß nach kurzem Gebrauch an den Kanten die rothe Kupferfarbe zum Vorschein kam, vollständig beseitigt ist.

Das Verfahren der Herstellung des plattirten Bleches besteht im Wesentlichen in Folgendem[1]): Platten von reinem und geschmeidigem Kupfer werden auf der zu plattirenden Seite rein geschabt, einige Male durch ein Walzwerk geführt, um sie zu verdichten, nochmals geschabt und mit einer ebenfalls beschabten Gold- oder Silberplatte belegt, deren Dicke sich nach der Stärke der hervorzubringenden Plattirung richtet. Zur Beförderung der Adhäsion des Silbers an dem Kupfer bestreicht man letzteres in einigen Etablissements mit einer concentrirten Lösung von salpetersaurem Silberoxyd, wodurch sich ein Silberniederschlag bildet, der die Verbindung der Silberplatte mit der Kupferplatte vermittelt. Bei der Goldplattirung wendet man eine Lösung von Goldchlorid an. Beide Metallplatten werden mittelst Eisendrahtes fest an einander geheftet. Sodann wird eine wässerige Lösung von Borax in alle Fugen der auf einander befestigten Metalle gegossen oder gestrichen und letztere hierauf in den Glühofen gebracht. Sobald beide Metalle gehörig mit einander verbunden sind, nimmt man die Barren aus dem Ofen und walzt sie zu Blech aus. Die Stärke des Silbers im Verhältniß zum Kupfer richtet sich nach der Art der Arbeit; bei Knöpfen, Pferdegeschirr u. s. w. beträgt sie $^1/_{20}$, bei Hausgeräthen $^1/_{12}$ der Dicke des Kupfers; bei feinen Gegenständen rechnet man auf 10 Loth Kupfer 1 Loth Silber.

---

[1]) Amtlicher Bericht über die Londoner Ausstellung im Jahre 1851; Berlin 1853; Band 3, Seite 234.

Zu chemischen Apparaten hat man vorgeschlagen, Kupfer mit Platin zu plattiren.

Daß man unter plattirter Waare auch mit Silber oder Neusilber überzogene eiserne Gegenstände, wie Kutschenbestandtheile, Pferdegeschirr versteht, ist bekannt.

§. 307.

Messing- und Tombakblech.

Das Messingblech oder Latun (laiton, *sheet brass*, *plate brass*) wird ebenso wie das Kupferblech fabricirt. Da Messing und Tombak glühend nicht geschmeidig sind, so geschieht die Fabrikation stets auf kaltem Wege. Früher wurde das Messing nur durch Hämmer ausgereckt, jetzt geschieht es häufig, jedoch nicht überall, mittelst Walzen. Die Darstellung des Messingbleches durch Hämmer erfordert leichte Hämmer, weil das Messing zuerst spröde ist und seine Sprödigkeit erst dann verliert, sobald es eine gewisse Dünne erreicht hat. Bei der Anwendung von Walzen müssen die Platten nach jedem Durchgange durch die Walzen ausgeglüht und dann wiederholt kalt gewalzt werden, bis die erforderliche Dünne erreicht ist. Nach beendigtem Walzen werden die schwarzen, mit Kupferoxyd bedeckten Bleche gebeizt und dann zur Ertheilung des erforderlichen Glanzes geschabt. Das Schaben geschieht entweder mittelst eines Messers oder einer Schabemaschine, bei welcher ähnlich wie bei einer Hobelmaschine das Blech hin- und herbewegt und unter einer Art Hobeleisen durchgezogen wird. Viele Gattungen Messingblech werden durch das Walzen ganz vollendet, andere, besonders die sehr dünnen und breiten, werden blos in die Länge gestreckt und dann unter Schnellhämmern, die 400 Schläge in einer Minute machen, fertig geschlagen.

Man unterscheidet Tafelmessing (Breite $6^1/_2$—$8^1/_2$, 20 Zoll, Länge 4—18 Fuß) für Gürtler, Waagenarbeiter ꝛc.; Sattelmessing, dicker als das stärkste oder breiter als das breiteste Tafelmessing, dient zu größeren Arbeiten, wie Pumpenstiefeln, Feuerspritzenröhren; Uhrmachermessing zu Uhrenbestandtheilen, ist federhart gewalzt; Trommelmessing, ein dünnes Blech, jedoch stärker als das Trommelmessing, von der Breite der Militärtrommeln; Rollmessing, dünnes, in Rollen vorkommendes Messingblech, zu Beschlägen, geschlagenen und gepreßten Arbeiten, Bronze- und Gürtlerarbeiten ꝛc. Außerdem unterscheidet man manchfache specielle Sorten, wie Modellstechermessing, Nägelmessing, Klavierkapselmessing u. s. w.

Behufs der Fabrikation von Kesseln wurde das Tafelmessing dazu früher eigens durch Hämmer bearbeitet (Kesselschläger).

Das dünnste Messingblech, das sich durch hohen Glanz und große Festigkeit auszeichnet, und aus sehr dünn geschlagenem oder gewalztem Messingblech unter einem Hammer erhalten wird, wobei man 40—80 Blätter über einander legt, führt den Namen Rauschgold oder Knittergold (clinquant, *dutch gold*, *dutch metal*).

§. 308.

Zinnfolie oder Stanniol.

Das Zinn wird weniger zu starken Blechen als zu dünnen Blättern, Zinnfolie oder Stanniol (étain en feuilles, *tin foil*) ausgestreckt. Man wendet dazu Bankazinn, gewöhnlich mit 1 Proc. Kupfer legirt, an. Man unterscheidet die dünnere Folie (schlechtweg Folie genannt, zum Einpacken von Parfumeriegegenständen, von Chocolade, zum Ausfüttern von Kisten und Blechen, zur Belegung elektrischer Batterien) und die stärkere Spiegelfolie zur Spiegelbelegung. In Deutschland wird die Zinnfolie weniger gewalzt als geschlagen; zu letzterem Zwecke werden 10 bis 14 Zoll lange, 6 Zoll breite und 2 Linien dicke Täfelchen gegossen und diese unter dem Streckhammer zu einer Länge von 6—10 Fuß ausgeschlagen. Die Stanniolhämmer sind Schwanzhämmer von ungefähr 50 Pfd. Gewicht und machen in einer Minute 250—300 Schläge. Von den ausgestreckten Stücken legt man mehrere über einander und ebnet sie unter dem Zainhammer, wobei sie eine Länge von 8—12 Fuß erreichen. Sodann theilt man den Schlag in zwei Hälften, legt beide auf einander und streckt ferner (das Langzainen), bis sie wieder 6—10 Fuß lang geworden sind; letztere Operation wird zweimal wiederholt, so daß in einem Schlage zuletzt 96 Blätter (Ablängschläge) liegen. Die Blätter werden nun unter dem Platthammer in die Breite ausgedehnt. Die fertigen Blätter werden an den Enden beschnitten, mittelst eines Holzhammers auf einer polirten eisernen Platte völlig geebnet und endlich sortirt. 100 Th. Zinn geben nach Abzug der Abschnitzel und des Gekrätzes beim Schmelzen höchstens 60 Th. Folie, mit Benutzung des Gekrätzes und der Abschnitzel 97 Th.

Blei läßt sich mit Zinn plattiren. Es wird zu diesem Zwecke eine dicke, oxydfreie Bleiplatte auf eine blanke Zinntafel gelegt und das Ganze erwärmt durch ein Walzwerk gelassen.

Zinnfolie, die im Innern aus Blei besteht, wird auf folgende Weise dargestellt. Man bringt in einer Form eine Bleiplatte, deren Dimensionen etwas geringer sind als die der Form, in solcher Weise an, daß sie sowol

unter sich, als ringsum an den Seiten gleichmäßig einen Raum für das Zinn freiläßt. Man bewirkt dies durch Stücke von Zinn, die man in die Form legt, so daß sie die Bleiplatte unterstützen. Die Bleiplatte ist zweckmäßig mit bleihaltigem Zinn verzinnt. Nachdem die Bleiplatte in der Form angebracht ist, füllt man dieselbe mit geschmolzenem Zinn, so daß dieses die Bleiplatte vollkommen einschließt. Die so dargestellte Platte wird nun ausgewalzt, wobei die beiden Metalle sich ganz gleichmäßig strecken und beliebig dünne Folie erzeugt werden kann, die inwendig aus dem wohlfeileren Blei besteht.

§. 309.

Zinkblech.

Das Zink wird nur durch Walzwerke in Zinkblech (zinc laminé, *sheet zinc*) verwandelt, zu welchem Zwecke man das Metall zuerst durch Gießen in dünne Platten von ungefähr 15 Zoll Länge und 9 Zoll Breite verwandelt. Während des Walzens müssen die Bleche stets warm erhalten werden, weil das Zink nur zwischen 100 und 150° die zum Auswalzen erforderliche Geschmeidigkeit besitzt. Das Anwärmen geschieht in einem Ofen und wird nicht weiter fortgesetzt, bis ein darauf gebrachter Wassertropfen siedet und zischt. Sobald die Blechtafeln schon eine gewisse Dünne erreicht haben, legt man mehrere derselben über einander und läßt sie gemeinschaftlich durch die Walzen gehen. Um den fertigen Blechen größere Biegsamkeit, allerdings auf Kosten der Festigkeit zu geben, werden sie nach dem letzten Durchgange durch die Walzen noch einmal bis auf 150° erhitzt und langsam abgekühlt.

Der Verbrauch des Zinkbleches ist in fortwährendem Zunehmen begriffen.

§. 310 a.

Die Metallschlägerei.

Die Metallschlägerei (battage de metal, *metal-beating*) im Allgemeinen oder die Herstellung dünnster Metallblättchen zerfällt

1) in die Feingoldschlägerei, worunter man die Fabrikation von ächtem Blattgold und Blattsilber versteht;

2) in die Metallschlägerei oder die Herstellung von unächtem Blattgold (Metallgold, Goldschaum) und unächtem Blattsilber (Metallsilber, Silberschaum).

§. 310 b.

Blattgold.

Das Blattgold (Goldblatt, geschlagen Gold, Schlaggold, or battu, or en feuilles, feuille d'or, *leaf gold*) wird von den Feingoldschlägern (batteur d'or, *gold beaters*) verfertigt. Man verwendet theils reines Gold, theils Gold, welches einen geringen Zusatz von Silber oder Kupfer, oder beiden zugleich, oder endlich auch Zink enthält. Holländische Dukaten sind noch nicht hinlänglich fein, um gut geschlagen werden zu können; die Feingoldschläger pflegen daher das Dukatengold durch Auflösen und Niederschlagen zu reinigen und mit $^1/_8$ seines Gewichtes Dukatengold legirt zu verarbeiten. In Nürnberg verarbeiten die Feingoldschläger weniger Dukatengold, als vielmehr Scheidegold, welches bei der Affinirung der goldhaltigen Silbermünzen gewonnen und in Bänderform aus der königlichen Münze in München geliefert wird [1]). Dort, wo man Dukaten verarbeitet, wird das Gold geschmolzen und in Zaine (lingot, *ingot*) gegossen, welche zuerst ausgehämmert, dann ausgewalzt und zuletzt wieder ausgehämmert werden, indem man sie um einen hölzernen Stab windet. 20 Dukaten geben Goldblech von 50 Fuß Länge und 1 Zoll Breite, welches man in Stückchen (quartiers, *squares*) von 1 Zoll Länge zerschneidet. 180 solcher Stückchen werden zwischen Pergamentblätter von 3 Zoll Länge und Breite gelegt, die man in ein doppeltes Futteral aus Pergament steckt, damit sie sich nicht verschieben können. Eine solche Vereinigung heißt eine Form (outil, moule) und zwar eine Pergamentform (caucher). Die zuerst benutzte Form heißt die Quetschform (premier caucher). Die Pergamentformen fertigen die Goldschläger selbst, indem sie altes Schreibepergament von aller Unreinigkeit durch Abwaschen befreien, beide Seiten mit weißem Wein, der mit verschiedenen Gewürzen digerirt worden ist, überstreichen und dann trocknen. Anstatt des Pergamentes wendet man gegenwärtig auch aus Paris bezogenes Pergamentpapier an. Nun beginnt das Schlagen auf einem Marmor- oder Granitblock mit Hämmern von 16,18 bis 20 Pfund, wobei die Form fleißig umgedreht und gewendet wird. Dann werden sie in einer eisernen Kapsel ausgeglüht, zwischen größere

---

[1]) Nach einer gefälligen Mittheilung des Feingoldschlägers Herrn G. C. Schätzler in Nürnberg giebt es (1856) in Nürnberg und dessen Umgegend (Fürth, Schwabach, Steinbühl, Schweinau) 34 Goldschläger, welche 113 Gesellen, 57 Lehrlinge und 139 Mädchen beschäftigen und jährlich für 240,240 fl. Gold und 2627 Mark oder 66,200 fl. Silber verarbeiten. Der Verkaufswerth des fertigen Fabrikates beträgt für Gold 307,840 fl. und für Silber 144,061 fl.

Pergamentblätter, die Herausquetsche oder die Dünnquetsche (second caucher) gelegt und so lange geschlagen, bis sie auf $3^1/_2$ Quadratzoll gebracht sind. 30 Blätter legt man über einander und zerschneidet sie in 4 Theile.

§. 311.

750 (oder auch 600) solcher Blättchen werden nun zwischen der Hautform (chauderet) geschlagen. Diese Form besteht aus 750 (oder 600, in Frankreich aus 850) Blättchen von Goldschlägerhaut (baudruche, *gold-beater's skin*), der äußeren feinen Haut vom Blinddarme des Rindes. Nachdem nämlich die Häutchen vorsichtig von den übrigen Häuten des Blinddarmes abgezogen worden sind, legt man sie zwischen weißes Papier, schichtet mehrere solcher Lagen über einander und bearbeitet sie mit einem flachen hölzernen Hammer, wodurch Fett aus den Häutchen entfernt wird. Hierauf überzieht man sie von beiden Seiten mit einer Lösung von Hausenblase in Wein, mit welchem man Muskatnüsse, Cardamomen, Zimmt ꝛc. digerirt hat. Man versetzt neuerdings auch den Wein mit 1 Proc. Glycerin, welcher Zusatz die Blättchen geschmeidiger und weicher machen soll. Nach dem Trocknen werden die Häutchen beschnitten und unter einer Presse aufbewahrt. Sie ziehen Feuchtigkeit aus der Luft an und müssen deshalb vor jedesmaligem Gebrauche in der Wärme getrocknet werden. Während des Schlagens werden sie hart und spröde. Um sie länger benutzen zu können, pflegt man sie zwischen mit Essig befeuchtetes Papier zu legen, 3—4 Stunden zusammengepreßt Feuchtigkeit anziehen zu lassen und dann zwischen Pergamentstücke gepackt zu hämmern. Man zieht in der deutschen Feingoldschlägerei die in England gefertigten Hautformen vor, weil das in solchen Formen geschlagene Gold weit glätter und glänzender wird und bei gleicher Ausdehnung dicker erscheint; es soll sich auch (Gewährsmann: Schätzler in Nürnberg) bei Anwendung englischer Formen die Ausdehnung weiter treiben lassen, als bei deutschen Formen[1]). In neuerer Zeit ist es Herrn C. Merz in Nürnberg gelungen, den ausländischen gleichstehende Häutchen zu erzeugen. Wem es bekannt ist, wie unendlich viel auf die Qualität der Häutchen ankommt und wie manche Verluste der Arbeiter durch gute Häutchen abgewendet werden, muß die Bedeutung dieses Fortschrittes für die deutsche Goldschlägerei anerkennen.

Die erste Hautform heißt die Löthform, die zweite die Dünn-

[1]) Noch gegenwärtig gehen aus Nürnberg jährlich mehr als 10,000 fl. für Hautformen nach England. Der Preis der engl. Formen ist I. Qualität (830 Blätter) 109 fl.
II. " " " 97 fl.
Der Preis der deutschen Formen beträgt (bei 850 Blättern) 33—43 fl.

schlageform. In den ersten werden die Goldblättchen bis auf $5^1/_4$ Quadratzoll ausgeschlagen, in 4 Theile zerschnitten und in der zweiten Form bis auf $5^1/_2$ Quadratzoll ausgeschlagen. Die Handhabung der Form — das Drehen und Wenden — besteht darin, daß man derselben von Zeit zu Zeit eine Bewegung giebt, welche alle Goldblättchen, die der Wirkung des Hammers ausgesetzt waren, von den Häutchen ablöst und dieselben streckt, denn es ist begreiflich, daß der Hammer, indem er auf die Form fällt, eine Art Vertiefung in dem Golde hervorbringt, und daß die Handhabung zum Zwecke hat, diese Vertiefungen auszudehnen und das Metall flach zu richten. Ohne diese Bewegung der Form hängt sich das Goldblatt an das Formenblatt an und zerreißt, sowie es unter den Hammer kommt.

§. 312.

Goldschlagemaschinen (machines à battre l'or).

Wer die anstrengende und mühselige Arbeit des Goldschlägers beobachtet hat und die Vorsichtsmaßregeln kennt, welche er bei jedem Schlage mit dem schweren Hammer auf die Formhaut zu berücksichtigen hat, um nach vieler Mühe und häufig unterbrochener Arbeit dahin zu gelangen, das Maximum der Dehnbarkeit des Goldes in allen Theilen gleichmäßig zu erreichen, wird den Bemühungen der Gegenwart, die Handarbeit des Goldschlagens durch Maschinen zu ersetzen, seine völlige Aufmerksamkeit nicht entziehen können.

Reich in Fürth construirte bereits im Jahre 1834 ein Walzwerk und ein Wasserhammerwerk, Lauter in Nürnberg 1838 ein Hammerwerk und Leber in Fürth 1842 ein Walzwerk, um Gold-, Silber- und Kupferlegirungen in Blättchen zu verwandeln. Alle diese mechanischen Vorrichtungen entsprachen aber den Erwartungen keineswegs und vermochten nicht, die Handarbeit zu verdrängen, insofern bei der Anwendung von Maschinen die Hautformen gefährdet waren, welche wegen ihrer Kostspieligkeit eine äußerst sorgfältige Behandlung verlangen. Eben so wenig vermochte eine auf der Londoner Ausstellung 1851 befindliche nordamerikanische Goldschlagemaschine, welche neben den Schlägen eines Aufwerfhammers auch die Bewegung der Form mit Ausnahme des Wendens zeigte, sich Eingang bei den deutschen Goldschlägern zu verschaffen. Die Pariser Ausstellung 1855 führte eine neue Schlagemaschine von Favrel[1]), jedoch von völlig anderer Construction vor, die auf das Princip des Dampfhammers sich stützt. Ein gewöhnlicher Goldschläger vollendet täglich drei Formen. Die Maschine

[1]) Fürther Gewerbezeitung 1855, p. 81.

liefert wenigstens das Doppelte und arbeitet mit größter Regelmäßigkeit. Die dem Handarbeiter bekannten blinden Schläge (coups perdus) kommen bei der Maschine nicht vor. Das Metall wird vom Mittelpunkt aus gegen die Ränder getrieben und nie in umgekehrter Richtung. Einen wichtigen Theil der Arbeit muß aber nach wie vor die Menschenhand ausführen: jenes Wenden der Form zwischen den Fingern, welches das Anhaften der Goldblättchen an die Haut der Form verhindert.

§. 313.

Die fertigen Bücher werden in kleine Bücher von sehr glattem Papier eingelegt, das mit etwas Bolus oder Röthel eingerieben wird, um das Anhängen des Goldes zu verhindern. Man erhält kaum die Hälfte des angewendeten Goldes in gut ausgeschlagenen Blättern. Ein kleiner Theil des Abfalles (Krätze, Schawine, Schabig) dient zur Darstellung der Goldbronze (Muschelgold, Malergold, or moulu, *shell gold*), der größere Theil wird wieder eingeschmolzen.

Die stärkste Sorte des Blattgoldes, das Fabrikgold, dient zur Vergoldung von Silberdraht und hat eine Dicke von $^1/_{6000}$ — $^1/_{3000}$ Zoll. Das feinste Blattgold hat nur eine Dicke von $^1/_{340.000}$ Zoll (nach anderen Bestimmungen von 248,000 Zoll). Das von den Buchbindern zum Vergolden angewendete Franzgold ist mit Silber legirt und hat deshalb eine blässere Farbe. Das Zwisch- oder Quikgold (*party-gold*) ist Blattsilber, welches auf der einen Seite mit Gold plattirt ist; es wird von den Buchbindern und Malern angewendet.

Ein aus Feingold geschlagenes Goldblatt läßt das Licht mit smaragdgrüner, mit Silber legirtes Goldblatt mit blaugrüner Farbe durchfallen. Unächtes Blattgold ist undurchsichtig.

§. 314.

Blattsilber.

Das Blattsilber oder geschlagene Silber (argent battu, argent en feuille, feuille d'argent, *leaf-silver*, *beaten silver*) wird auf dieselbe Weise wie das Blattgold dargestellt, nur daß es in der Dünnquetschform nicht geschlagen wird, weil es sich nicht so stark wie Gold strecken läßt. Das dünnste Blattsilber hat immer noch eine Dicke von $^1/_{120/000}$ Zoll. Die Goldschläger verfertigen drei Arten von Blattsilber, nämlich 1) Schwertfegersilber ist die stärkste Sorte, welche zur Feuerversilberung der Metalle dient; es kommt in Büchern aus weißem Papier vor; 2) das ordinäre Silberblatt für Maler wird in rothes Papier gelegt, weil die Blätter

dünn genug sind, mit gewöhnlichem Papier zusammenzukleben; 3) Kleinsilber. Die Schawine (vom Zusammenschaben oder Fegen) bildet im feingeriebenen Zustande die ächte Silberbronze, welche zu dem Silberdruck und als Muschelsilber (argent moulu, *shell-silver*) Anwendung findet.

§. 315.

Unächtes Blattgold und Silber.

Das unächte Blattgold (Metall, Goldschaum, metal en feuilles, *leaf brass*, *leaf metal*) und das unächte Blattsilber (Weißmetall, Silberschaum, *leaf white-metal*) wird im Allgemeinen auf dieselbe Weise wie das ächte Fabrikat, aber in Formen, die bereits bei den Feingoldschlägern in Gebrauch waren und von diesen als abgenutzt abgegeben werden, dargestellt. Zu dem unächten Blattgold dient Tombak, zu dem Weißmetall eine Legirung von Zinn mit Zink. Je nach der Quantität des Zinkes im Metallgold unterscheidet man goldgelb (hochgelb, or), hellgelb (jaune) und grün (messinggelb, vert). Ein Büchlein (livret) enthält 9—21 Metallblättchen; 12 Büchlein bilden ein Päckchen (paquet), 10 Päckchen ein Pack (dizaine); demnach enthält ein Pack 1080—2520 Blättchen.

Die Schawine der Metallgoldschlägerei bildet im feingeriebenen Zustande und durch vorsichtiges Erhitzen mit gewissen, durch eine dünne Oxydschicht hervorgebrachten Anlauffarben versehen, die Bronzefarben (Metallbronze), welche grün, blaßgelb und roth in verschiedenen Nüanceen (hauptsächlich in Fürth bei Nürnberg) dargestellt werden. Durch Zerreiben von Blättchen aus reinem Kupfer und zweckmäßig regulirte Oxydation des Pulvers erhält man die prachtvollen Kupferbronzen. Die Schawine vom unächten Silberschaum bildet im feingeriebenen (aber nicht oxydirten) Zustande die unächte Silberbronze.

§. 316.

Die Blechverarbeitung.

Schon in den frühesten Zeiten bildeten die Blecharbeiten einen sehr wichtigen Theil der Metallverarbeitung. Obgleich gegenwärtig in Folge der Fortschritte der Gießerei allerlei Gegenstände durch Gießen dargestellt werden, an deren Stelle man früher nur Arbeiten aus Blech verwendete, so nimmt dennoch die Wichtigkeit der Blecharbeiten von Tag zu Tag zu. Die allgemeine Anwendung der Blechwalzwerke und die dadurch ermöglichte Benutzung von Blech zu Gegenständen, die früher theils nicht bekannt, theils auch wegen ihres hohen Preises nur Wenigen zugänglich waren, ferner die

Fortschritte in der mechanischen Verarbeitung des Bleches, sind der Grund der zunehmenden industriellen Wichtigkeit der Blechverarbeitung. Die Gewerbe, die mit Blecharbeiten sich beschäftigen, haben in Folge der Fortschritte in der Blechherstellung und Blechverarbeitung, ferner in Folge der Verbrüderung der Kunst mit der Industrie, große Veränderungen hinsichtlich der Betriebsweise erlitten. Der bei weitem größte Theil der Gegenstände aus Blech für Zwecke der Haushaltung und des Luxus (Lampen, Theekessel, Kaffeebreter ꝛc.) ist dem Gewerbe der Flaschner (Spängler, Klempner) entrissen worden und gehört gegenwärtig ausgedehnten Werkstätten mit fabrikähnlichem Betriebe an. Das mühselige und zeitraubende Treiben mit dem Hammer ist durch Druckwerke, das Spannen und Ebenen der Flächen durch mächtige Prägen ersetzt. Dabei lassen sich Reinheit, Gleichförmigkeit und Schärfe zugleich mit größerer Geschwindigkeit leichter und vollkommener erreichen, als nach der älteren Methode. Das Flaschnergewerbe steht demnach im Begriff, ein Reparaturgewerbe zu werden.

§. 317.

Wenn man von den Arbeiten absieht, welche wie das Schleifen und Poliren, das Gelbbrennen und Bronziren, das Versilbern und Vergolden, das Firnissen und Lackiren, eine Vollendung der Arbeit und eine Verschönerung der Oberfläche zum Zwecke haben, so lassen sich alle Operationen, welche bei der Herstellung eines Gegenstandes aus Blech vorkommen, zurückführen auf drei verschiedene Arbeiten, nämlich:

1) auf die Mittel zur Zertheilung des Bleches;
2) auf die Mittel zur Formung der Blechfläche;
3) auf die Mittel zur Vereinigung mehrerer Stücke zu einem Ganzen.

Das angewendete Material ist Weißblech und Messingblech, seltener Schwarzblech, Zinkblech und Kupferblech.

Bei der *Zertheilung des Bleches* beabsichtigt man entweder die Herstellung mehrerer, zu gewisser Verarbeitung dienender Stücke durch Zerschneiden der Blechtafeln (das *Zuschneiden*), oder die Absonderung einzelner Theile, wobei 1) das Zurückbleibende Abfall wird, wie z. B. bei dem Ausschneiden der runden Platten, 2) die Herstellung des Zurückbleibenden Zweck der Arbeit ist, wie z. B. bei dem Beschneiden des Randes, dem Durchbohren und Lochen eines Bleches u. s. w.

Vor der Verarbeitung wird das Blech geebnet (*ausgespannt*); auf das geebnete Blech wird die Figur des auszuschneidenden Stückes mit Hülfe eines spitzigen Stahlstiftes vorgezeichnet, wobei man häufig Schablonen (Modelle oder Patronen) aus Weißblech anwendet und das vorgezeich-

nete Blech mittelst Blechscheeren, verschieden geformter Meißel, Ausschlageisen, Bohrer, Sägen und Durchschnitts (Durchstoß, Lochmaschine), welche letztere in allen Fällen anstatt des Ausschlageisens angewendet werden, wo eine große Anzahl gleicher Löcher oder gleicher Plättchen ausgeschnitten werden soll, ausgeschnitten. Wird nämlich zu einer mit einem runden Loche versehenen Stahlplatte ein cylindrischer Stahlstempel ausgearbeitet, der in das Loch so genau paßt, daß er genau in dasselbe eintritt, ohne Spielraum zu haben; überdeckt man darauf das Loch der Stahlplatte mit einer Blechtafel und zwingt den Stempel durch Druck oder Stoß nach abwärts zu gehen und in das Loch einzutreten, so giebt es, indem die Peripherie des Stempels und die des Loches sich zu einander wie die Blätter einer Scheere verhalten, eine Blechscheibe von der Gestalt und Größe des Loches. Man giebt natürlich dem Loche und dem Stempel nicht nur runde Gestalt, sondern die manchfaltigste Form, wodurch es möglich wird, nicht nur Plättchen aller Form zu schneiden, sondern auch in Blecharbeiten die verschiedensten Oeffnungen zu erzeugen.

§. 318.

Aus den flachen und zugeschnittenen Blechstücken werden hohle oder vertiefte Gegenstände u. s. w. auf verschiedene Art verfertigt, hauptsächlich aber

1) durch Biegen,

2) durch Treiben mit Hämmern,

3) durch Anwendung der Drehbank,

4) durch Pressen in Stanzen mit Hülfe von Fallwerken.

Das Rundbiegen eines Blechstückes geschieht vermittelst des Sperrhakens oder Sperrhorns, eines Ambos, welcher an der Stelle der Bahn zwei horizontal ausgehende cylindrische, auf der oberen Seite polirte, aber ungleich dicke Hörner hat, um nach Bedarf weite und enge Gegenstände darauf biegen zu können. Zur Bewerkstelligung des Biegens selbst bedient man sich eines hölzernen Hammers. Zum Biegen von langen und engen Röhren benutzt man einen eisernen Dorn, dessen Durchmesser der Dicke der herzustellenden Röhre gleich ist. Um Blech cylindrisch zu biegen, behufs der Herstellung von Dachrinnen, Röhren ꝛc., benutzt man im Großen zuweilen ein Biegewalzwerk (machine à cintrer, *bending machine*), aus drei Walzen bestehend, von welchen zwei das Blech der dritten, welche hinter jenen beiden und parallel mit ihnen, zuführen, wodurch das Blech im Kreise gebogen wird.

§. 319.

Das Treiben mit Hämmern (marteler, *hammering*) wird häufig mit mehreren Blechtafeln ausgeführt, welche man über einander legt und gemeinschaftlich austreibt. Während des Treibens wird das Blech durch Hammerschläge ausgedehnt, so daß es die vertiefte Gestalt annimmt, die es erhalten soll. Wirken die Hammerschläge auf den mittleren Theil einer Blechtafel ein, so erhält das Stück nach und nach eine schalenartige Vertiefung (eigentliches Treiben, Auftiefen, emboutir, *chasing*). Wird dagegen die Blechtafel in der Nähe des Randes ausgedehnt, während Mitte und Rand nicht bearbeitet werden, so richtet sich der Rand von der Fläche auf und kann dann noch weiter in die Höhe gedehnt werden; diese Art des Treibens, wobei die Ausdehnung am Rande herum stattfindet, heißt das Aufziehen (relever, *raising*), welche nach Umständen, wenn z. B. eine Verengerung einer Röhre an einer bestimmten Stelle eintreten, Einziehen, und wenn die Mündung eines Gefäßes sich geschweift erweitern soll, Ausschweifen genannt wird.

Das mühsame und zeitraubende Treiben von gewissen Blechgegenständen mittelst des Hammers ist durch das Drücken auf Modellen und Formen mit Hülfe der Drehbank (emboutir au tour, *burnishing*) höchst vortheilhaft ersetzt worden. Runde Blechgegenstände, wie Schalen, Becher, Büchsen, Dosen ꝛc. werden mit großem Gewinn an Zeit und Vollkommenheit hergestellt, indem man eine Blechtafel durch langsamen Druck über ein als Modell dienendes Holzstück aufzieht oder in dessen Vertiefungen hineindrückt. Der nur nach und nach auf das Blech sich äußernde Druck unterscheidet das Drücken der Blechwaaren in seinem Principe sowol vom Treiben mittelst des Hammers als von dem Pressen in Stanzen. Das Modell (Futter) ist rund gedreht und aus hartem Holze.

§. 320.

Bei dem Pressen des Bleches in Stanzen, vertieften Formen von Stahl oder Gußeisen, in welche mit geringem Spielraum ein Stempel paßt, wird das Blech zwischen Form und Stempel eingepreßt und erhält dadurch seine Form, wobei die sehr tief auszudrückenden Gegenstände mehrere solcher Stanzen zu passiren haben, während die flachen auf das erste Mal fertig gemacht werden. Diese Stanzen werden theils durch Fallhämmer (Fallwerk), theils durch Schraubenpressen (Stoßwerk, Prägwerk), theils durch Hebelwerke niedergedrückt.

Zum Treiben des Bleches benutzt man auch die Punzen (poinçons,

punches), stählerne Werkzeuge in Form dünner, 3—6 Zoll langer Stäbchen, die an dem einen Ende schwächer, abgeschliffen und polirt sind. Dieses Ende bildet eine stumpfe Spitze, eine abgerundete Kante oder kleine Fläche. Indem es auf das zu bearbeitende Blech aufgesetzt und auf das andere Ende der Punze mit einem flachen Hammer geschlagen wird, entsteht ein Eindruck auf dem Blech, der durch geeignete Anwendung der Punze als halberhabene Verzierung erscheint. Man nennt derartige Arbeiten getriebene oder ciselirte Arbeit und das Verfahren selbst das Ciseliren (repousser, ciseler, *chasing*). Während des Ciselirens liegt das Blech auf einem Körper, der dem Druck der Punzen nachgiebt. Blech aus Tombak oder Silber treibt man auf einer Unterlage von Treibpech (ciment), einem Gemenge von schwarzem Pech, etwas Wachs oder Talg und Ziegelmehl; Eisenblech treibt man auf Blei.

§. 321.

Die Vereinigung von Blechstücken zu einem Ganzen geschieht 1) durch Falzen (replier, *folding*), welches wesentlich in einem Umbiegen und Uebereinanderlegen der Blechränder besteht, 2) durch Nieten (river, *riveting*), wobei zwei Blechstücke durch ein Niet (rivet, *rivet*), häufig ein stumpfköpfiger Nagel, vereinigt werden. Bei der Verfertigung größerer Gegenstände aus Blech, wie z. B. der Dampfkessel, werden die mit regelmäßigen Löcherreihen versehenen Ränder über einander gelegt, durch jedes Loch ein Niet geschoben, so daß dessen Kopf auf der Innenseite sich befindet, und darauf das äußere Ende durch Hammerschläge zu einem Kopfe geformt. In größeren Werkstätten bedient man sich hierzu der Nietmaschine (machine à river, *riveting machine*), von Fairbairn im Jahre 1838 construirt, von den Gebr. Schneider in Creuzot, Lemaitre, Garforth, May, Lebru u. A. verbessert. Während bei der Handarbeit das Nieten mittelst des Hammers stattfindet, wirkt die Nietmaschine durch Druck; während beim Nieten der Dampfkessel durch Handarbeit drei Arbeiter und ein Knabe in einer Stunde 30—40 Nieten von ³/₄ Zoll Dicke einsetzen und fertig machen können, leistet die durch Dampfkraft betriebene Maschine, von 2 Arbeitern und einem Knaben bedient, wenigstens das Zwölffache. Der an dem Niet befindliche Kopf wird in die passende Vertiefung eines stählernen Stempels gestützt; ein zweiter ähnlicher Stempel drückt mit bedeutender Kraft gegen das andere Ende des Nietes, wodurch der zweite Kopf gebildet wird. Das Löthen, ein in der Blechverarbeitung angewendetes wichtiges Mittel der Vereinigung, wird in einem besonderen Abschnitte abgehandelt werden.

Die Drahtfabrikation.

§. 322.

Der Draht (fil, *wire*) läßt sich zwar aus allen dehnbaren Metallen verfertigen, doch sind es von letzteren fast ausschließlich Eisen, Stahl, Kupfer, Messing und Tombak, Silber und Gold, welche zur Verfertigung des Drahtes Anwendung finden.

Guter Draht muß überall von gleicher Dicke und gleichbleibender Gestalt des Querschnittes sein; er muß, bei glatter Oberfläche, im ungeglühten Zustande hin- und hergebogen werden können, ohne zu brechen, oder sich zu spalten.

Der Draht wird nach drei wesentlichen und praktisch wichtigen Rücksichten unterschieden, nämlich nach dem Material, der Form und der Stärke.

Die Form des Drahtes oder die Gestalt des Querdurchschnittes kann eben so verschieden sein als die Form der Löcher, mit deren Hülfe das Metall in Draht verwandelt wird. Meist ist der Draht rund, es giebt jedoch auch nicht runden Draht, Façondraht (Dessindraht, fil façonné ou gaufré), dessen Durchschnitt, wie Fig. 77 zeigt, oval, viereckig, trapezförmig, dreieckig, halbmondförmig u. s. w. sein kann.

Fig. 77.



Die Stärke des Drahtes oder seine Feinheit (Durchmesser) ist begreiflicherweise sehr verschieden. Was in Bezug darauf im Folgenden gesagt wird, bezieht sich nur auf den runden Draht. Die Abstufungen in der Feinheit werden mit dem Namen Nummern bezeichnet, welche Bezeichnung indessen rein willkürlich ist, da jedes Land, ja fast jede Fabrik andere Nummern hat. Dieser in mercantilischer Hinsicht so fühlbare Uebelstand wäre leicht zu beseitigen, wenn man den Durchmesser des Drahtes zur Nummer machte. Gegenwärtig wendet man zur Bestimmung der Drahtdicke die Drahtmaße (Drahtlehren oder -klinken, calibres, jauges, *wire gages*) an, durch welche der Durchmesser, mithin auch die Nummer des Drahtes gefunden wird. Sie bestehen aus einem Stücke Metall, gewöhnlich einem Stahlbleche, mit Löchern von verschiedener Weite, welche den Durchmessern

der verschiedenen Drahtsorten entspricht (Fig. 78 und 79). Andere benutzen zum Messen des Drahtes die Meßzange (Fig. 80 in der halben natürlichen Größe), deren Princip und Anwendung aus der Zeichnung klar her-

Fig. 78.

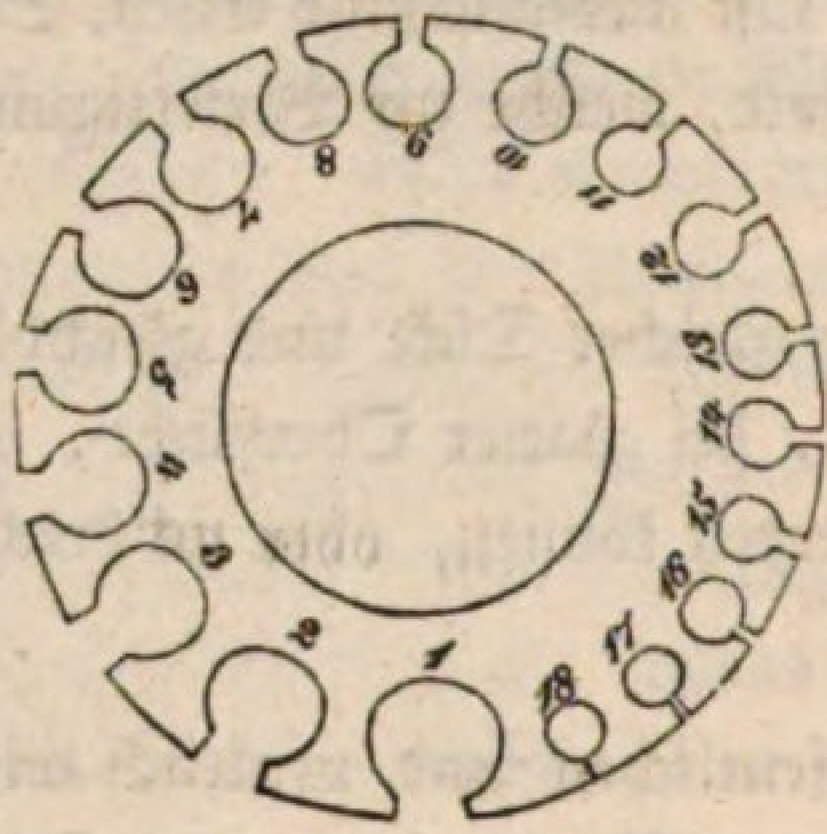


Fig. 79.

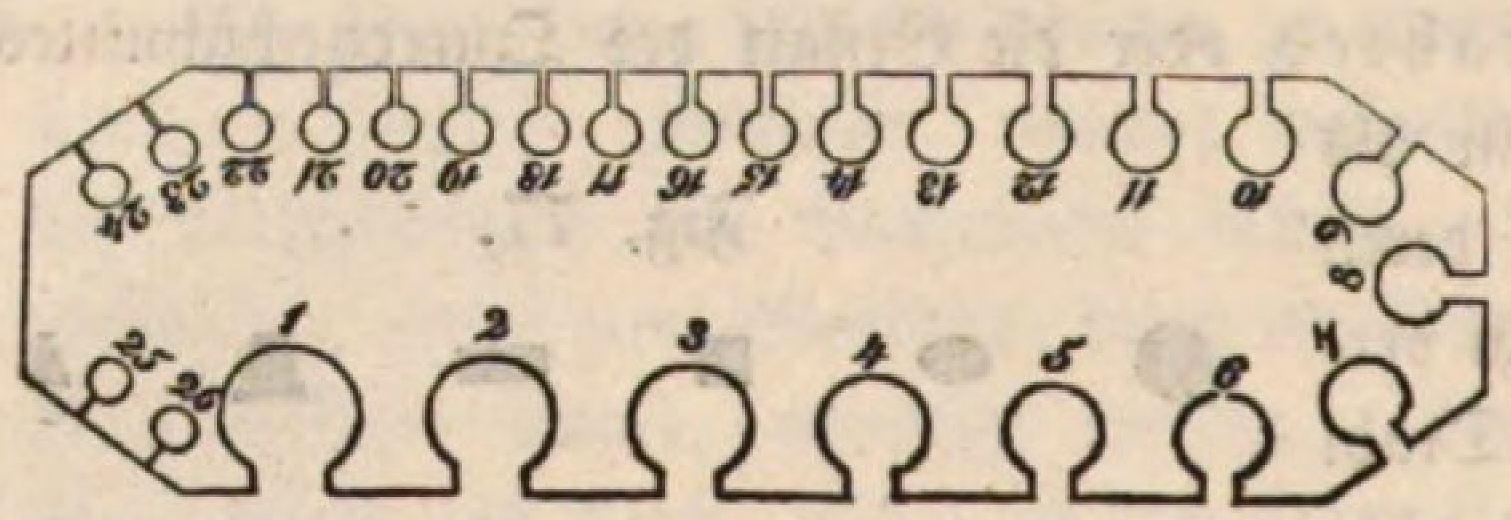
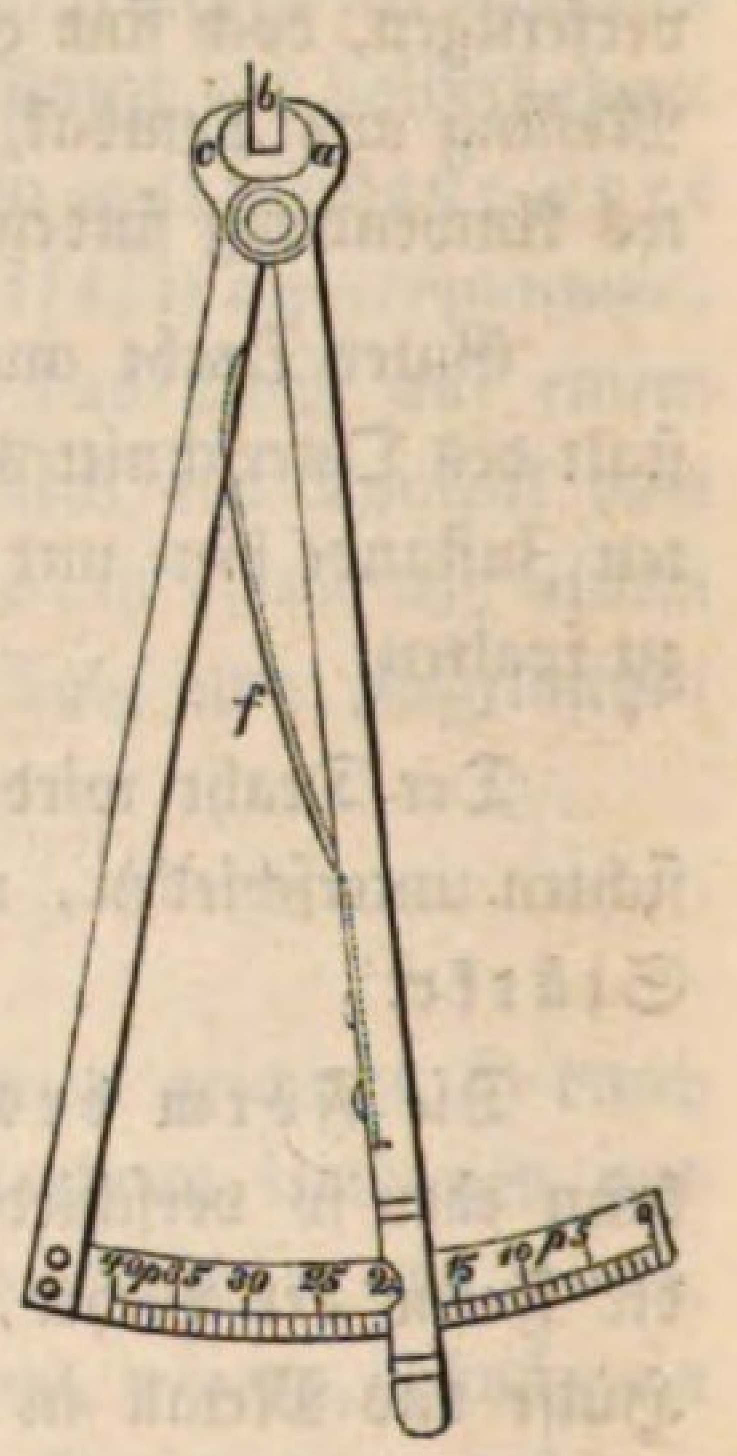


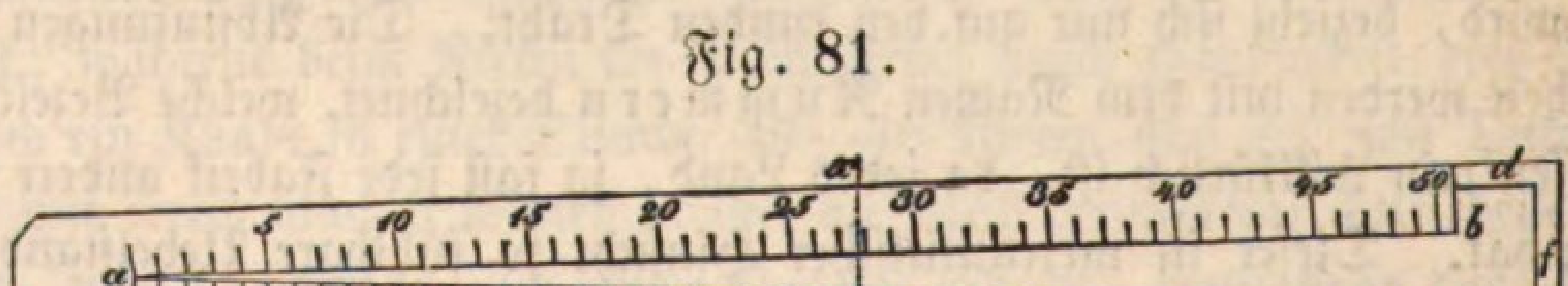
Fig. 80.



vorgeht. Die Feder f strebt die langen Schenkel auseinander zu treiben und folglich die Oeffnung bei c und a zu schließen; das daselbst befindliche Drahtstück b wird demnach durch die Spannung jener Feder eingeklemmt. Die innere Kante des Schenkels m weist auf die betreffende Zahl der Scala p p.

Das Drahtmaß von Robison (Fig. 81) giebt den Durchmesser des Drahtes in Hundertstelzollen an. Es besteht wesentlich aus zwei Linealen aus Stahl a b und a c, die bei a unter einem spitzen Winkel zusammen-

Fig. 81.



treten. Der Punkt, an welchem die inneren Kanten beider Lineale genau einen halben Zoll von einander entfernt sind, wird mit 50 bezeichnet und die Länge bis zur Spitze des Winkels in 50 gleiche Theile getheilt. Soll ein Drahtstück gemessen werden, so bringt man es zwischen die beiden Lineale,

so weit als es ausführbar ist, und findet man z. B., daß seine Peripherie die Lineale an der mit 36 bezeichneten Stelle berührt, so ist der Durchmesser des Drahtes $^{36}/_{100}$ Zoll.

§. 323.

Die Fabrikation des Drahtes geschieht entweder mit Hülfe von Walzwerken oder von Zuglöchern. Die Anwendung des Walzwerkes erstreckt sich nur auf die dickeren Sorten von Eisendraht bis etwa auf $^{1}/_{4}$ Zoll herab. Ein hierzu verwendbares Walzwerk besteht aus drei Walzen mit correspondirenden runden Rinnen, welche bei ihrer Umdrehung die zwischen sie gesteckten Metallstangen fassen und die Form jener Rinnen pressen. Die Walzen werden mit solcher Geschwindigkeit in Bewegung gesetzt, daß sie 240 Umläufe in einer Minute machen. Da ihr Durchmesser 8 Zoll beträgt, so ist die Umfangsgeschwindigkeit = 8,37 Fuß in einer Secunde, oder mit anderen Worten, 8 Fuß $4^{1}/_{2}$ Zoll Draht kommen in einer Secunde aus den Walzen hervor.

§. 324.

Das Durchziehen der Drähte durch die Zuglöcher oder das Drahtziehen (tréfilage, *wire drawing*) geschieht auf höchst einfache Weise; man läßt nämlich Stäbe des in Draht zu verwandelnden Metalls durch unbewegliche, gehörig gestaltete Oeffnungen in harten Körpern gehen und wiederholt dieses Durchziehen durch Oeffnungen von abnehmend kleinerem Durchmesser, bis der Draht die erforderliche Feinheit erlangt hat. Der zu Draht auszuziehende Metallstab wird an dem einen Ende zugespitzt, durch ein Loch in dem Drahtzieheisen (filière, *drawing plate*) gesteckt, auf der anderen Seite gefaßt und durchgezogen, wodurch der Durchmesser des Drahtes verringert wird. Je härter das Zieheisen und je vollkommener kreisrund das in demselben befindliche Zugloch ist, desto gleichförmiger wird der Durchmesser, desto glatter die Oberfläche des Drahtes. Man giebt den Zuglöchern eine konische Gestalt, um das Einführen des zugespitzten Drahtes oder Metallstabes zu erleichtern. Man verfertigt die Zieheisen aus dem härtesten Stahl, welcher zur Verminderung der Sprödigkeit und um ihm die erforderliche Gestalt ertheilen zu können, in einer Form aus Schmiedeeisen geschmolzen wird, wobei man den Stahl zur Abhaltung der Kohle mit Leinwand, welche mit dickem Lehmwasser überzogen ist, bedeckt. Sobald die Masse (aus Stahl und der Form aus Schmiedeeisen bestehend) weich geworden ist, wird sie bis zur doppelten Länge (bis zu 20 – 24 Zoll) ausgeschmiedet, worauf die Zieheisen bis zum Ausbohren der Löcher fertig sind. Beim Boh-

ren der Zuglöcher (*drawing holes*) bleibt die größte Fläche der konischen Oeffnung (pertuis) auf derjenigen Seite der Zieheisen, welche aus Schmiedeeisen besteht; die eigentliche Oeffnung (oeil), durch welche der Draht gezogen wird, muß durch die geschmolzene Stahlmasse gebohrt werden. Zu diesem Zwecke bildet man mit Punzen (Seite 315) oder mit Hülfe eines Bohrers trichterförmige Versenkungen, macht das Eisen rothglühend und schlägt in dem Mittelpunkte der Versenkungen die Ziehlöcher mittelst eines spitzen, stählernen kegelförmigen, aber genau concentrischen Stiftes durch. Auch die aus dem härtesten Stahl hergestellten Zieheisen werden durch längeren Gebrauch abgenutzt und erweitern sich; man hilft sich zuweilen dadurch, daß man die Oeffnungen mit dem Hammer zusammentreibt und dann die Löcher neu bohrt. Statt der stählernen Zieheisen bedient man sich zuweilen und namentlich zum Ziehen des leonischen Drahtes gebohrter Edelsteine (Rubine, Saphire). Durch ein Rubinziehloch von $^{3}/_{1000}$ Zoll Durchmesser wurde ein Silberdraht von 170 deutschen Meilen Länge gezogen, an welchem sich nirgends ein Unterschied in der Dicke wahrnehmen ließ.

§. 325.

Die Kraft, welche der Draht braucht, um durch das Ziehloch gezogen zu werden, ist nach Karmarsch von der Härte des Metalles, von dem Unterschiede zwischen dem Durchmesser des Drahtes und dem des Ziehloches, von dem Durchmesser des Drahtes an sich und von der Geschwindigkeit des Ziehens abhängig. Für Drähte und Ziehlöcher von gleichem Durchmesser stehen bei den verschiedenen Metallen die Ziehungswiderstände in folgendem Verhältniß zu einander:

hart gezogener Stahldraht	=	100
hart gezogenes Eisen	=	88
hart gezogenes Messing	=	77
geglühtes Gold (14 karätiges)	=	73
geglühter Stahl	=	63
hart gezogenes Kupfer	=	58
geglühtes Silber (12 löth.)	=	58
„ „ (14 löth.)	=	54
„ Messing	=	46
„ Eisen	=	42
„ Platin	=	38
„ Kupfer	=	38
„ Feinsilber	=	34
Zink	=	34
geglühtes Feingold	=	27
Zinn	=	14
Blei	=	4

Durch das Ziehen nimmt die Härte des Metalles zu, am bedeutendsten bei Eisen, Platin und Messing, in schwächerem Grade bei Silber, Gold und Kupfer, nicht merklich bei Zink, Zinn und Blei; es gewinnt auch an absoluter Festigkeit. Da während des Ziehens eine Zusammendrückung der Metalltheilchen, die sich durch Wärmeentwickelung zu erkennen giebt, stattfindet, so nimmt auch das specifische Gewicht der Metalle zu. Hartgezogene Drähte verlieren durch Ausglühen ihre Härte und Sprödigkeit, ebenso verringert sich ihre absolute Festigkeit und ihr specifisches Gewicht; letzteres hat darin seinen Grund, daß beim Ausglühen der Draht dicker, dagegen etwas kürzer wird.

§. 326.

Die ziehende Kraft — Dampfkraft, Wasserkraft, Thierkraft, Menschenkraft — muß der Art wirken, daß bei einer vollkommen vertikalen Stellung des Zieheisens, der Draht genau horizontal durchgezogen wird, oder daß die Linie, welche der durchgezogene Draht bildet, mit der Axe des Ziehloches in einer Linie zusammenfällt, außerdem würde die Reibung ungleich werden. Die Reibung des Drahtes in den Ziehlöchern wird durch geeignete Schmiermittel verringert.

Zuerst wird der Draht vermittelst Zangen (tenailles, *plyers*) gezogen, welche früher häufiger Stoßzangen waren, gegenwärtig dagegen fast allgemein Schleppzangen sind. Da, wenn die Zange einen langen Weg zurückzulegen hätte, das gezogene lange Drahtstück so sehr gestreckt werden könnte, daß es abrisse, so läßt man nach einem kurzen Zuge die Zange zum Zugeisen zurückkehren, den Draht von Neuem fassen, denselben wieder ein Stück durchziehen u. s. f. Diese Zangen heißen in Folge ihrer stoßweisen Bewegung Stoßzangen. Aller Draht, welcher auf diese Weise gezogen wird, erhält auf den Punkten, wo die Zangen angreifen, mehr oder weniger starke Eindrücke oder Zangenbisse, wodurch der Draht oft unansehnlich wird.

Bei Metallen, welche außerhalb des Ziehloches keine zu große Nachstreckung erleiden, welche ferner, wie behufs der Darstellung von leonischem Draht, mit Gold oder Silber überzogen sind, in welchem Falle die Stoßzangen, wegen der unvermeidlichen Beschädigung der Oberfläche, gänzlich unanwendbar sind, wendet man die Schleppzangen an, welche den Draht nur ein einziges Mal fassen und sodann, ohne loszulassen, in einem Zuge durch das Ziehloch ziehen.

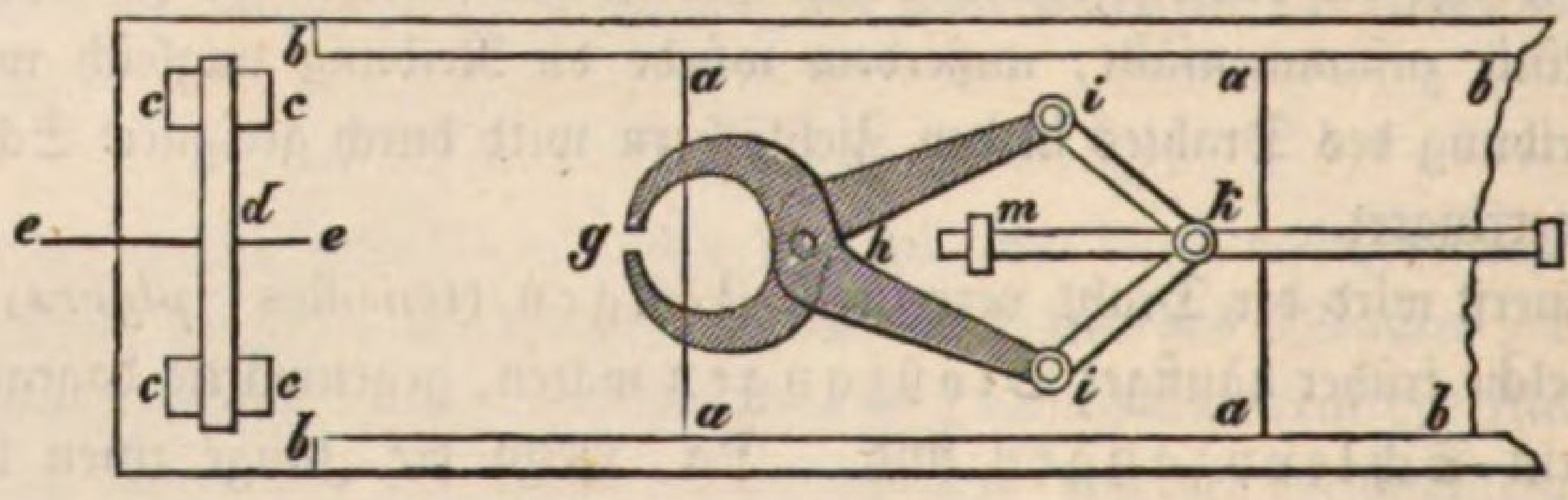
§. 327.

Die Anwendung der Zangen zum Drahtziehen ist nur bei gröberen

Drahtsorten möglich; bei den feineren Drahtsorten bewirkt man das Durchziehen des Drahtes durch eine ununterbrochene Bewegung vermittelst der Scheiben (Ziehscheiben, Leiern, Bobinen), bei welchen der Draht am Umkreise der Scheibe befestigt, durch die Umdrehung der Scheibe ununterbrochen gezogen und auf die Scheibe selbst aufgewickelt wird.

Die Stoßzangen finden zum Ziehen der stärkeren Sorten des Eisendrahtes, des Messing- und Kupferdrahtes auf den Drahtmühlen (tréfilerie, *wire-mill*) Anwendung. Fig. 82 zeigt das Wesentliche der Einrichtung eines derartigen Drahtzuges. Auf der Unterlage b befinden sich zu beiden Seiten Leisten, zwischen welchen ein Schlitten a der Länge nach bewegt werden kann. Dieser Schlitten trägt die Zange, die sich bei h öffnen und schließen läßt. Die Enden der Zange, welche das Maul g bilden, sind

Fig. 82.

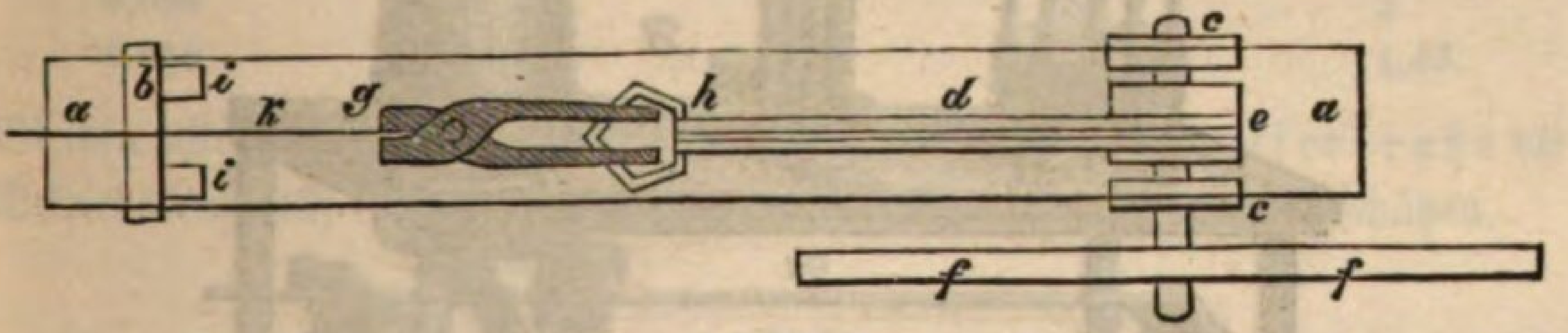


auf der inneren Fläche, um das Abgleiten des Drahtes zu verhindern, eingekerbt. Die anderen Enden der Zange h i sind mit zwei Gliedern i k verbunden, die bei k durch einen Bolzen mit einander und mit der Schiebstange m n in Verbindung stehen. Wird die Schiebstange gegen das Zieheisen d hin bewegt, so wird die Zange geöffnet und nebst dem Schieber an das Zieheisen hingeführt; hier wird der Draht e von der Zange gefaßt und letztere durch die Schiebstange zurückgezogen. Das Zurückziehen der Stange bewirkt die gegenseitige Näherung von i i und die Schließung des Zangenmauls g. Das scheinbar complicirte Zangenspiel läßt sich demnach auf eine hin- und hergehende Bewegung der Schiebstange zurückführen, die gewöhnlich durch eine Daumwelle bewirkt wird. Durch Verwechselung der Zieheisen kann man auf diese Weise Draht von beliebiger Länge und von verschiedener Dicke ziehen. Die Länge des Weges, den der Schieber mit der Zange abwechselnd vor- und rückwärts macht, wechselt von 6 Zoll bis 3 Fuß. In der Regel sind oberhalb der Daumenwelle 8—12 Ziehbänke vorhanden, welche durch gehörige Vertheilung der Daumen eine gleichmäßig vertheilte Zangenbewegung hervorbringen.

§. 328.

Das Drahtziehen mit Hülfe der Schleppzange (main) auf der Schleppzangen-Ziehbank (banc à tirer, *draw bench*). Auf einer langen und schmalen Bank a (Fig. 83) befinden sich in i zwei senkrechte Stützen, hinter welchen das Zieheisen b aufgestellt ist; am anderen Ende ist eine Walze, welche durch eine mechanische Vorrichtung gedreht werden kann.

Fig. 83.



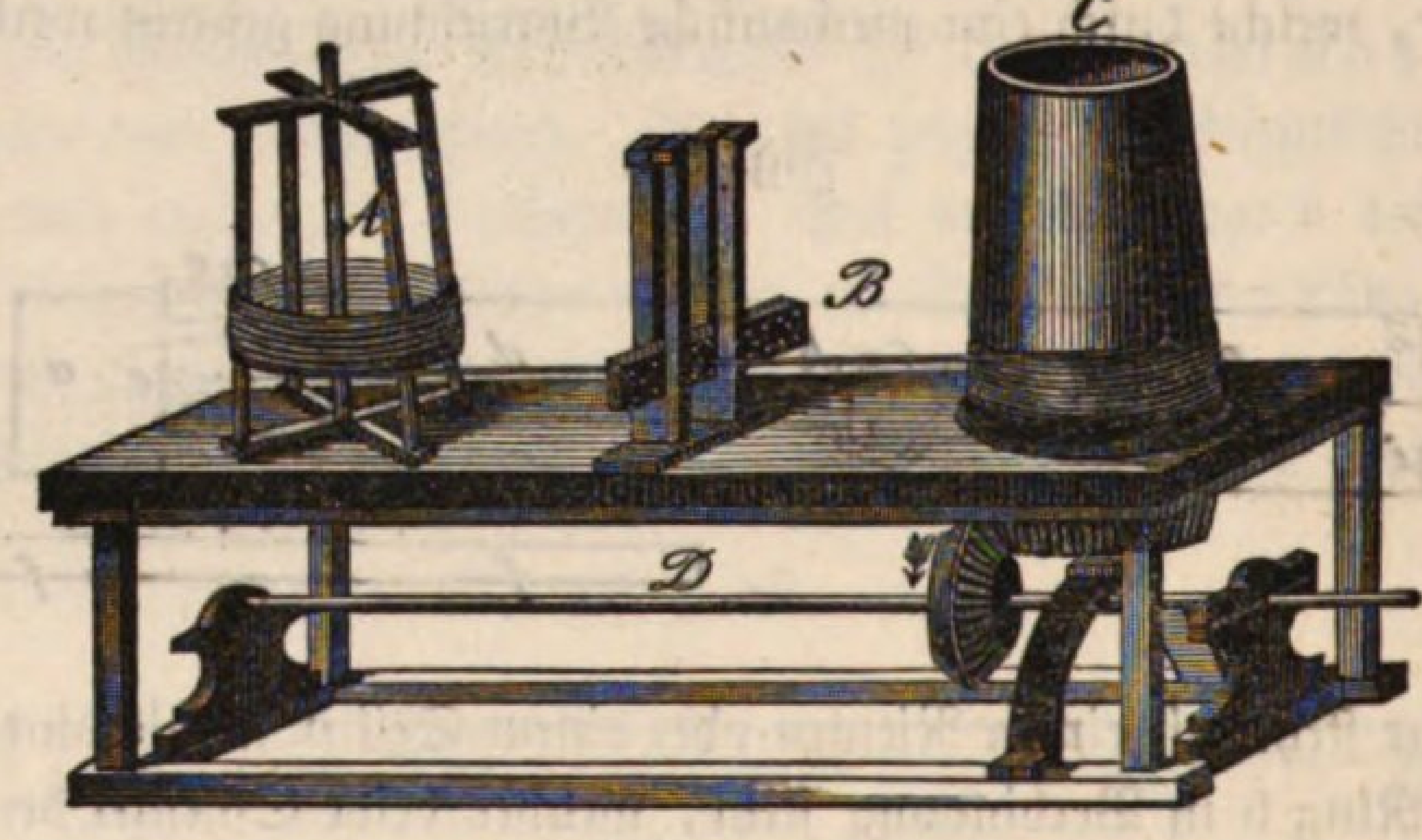
Diese Walze steht mit einem Riemen oder einem Seil d in Verbindung, der mit einem Ring h in Verbindung steht, welcher beide Schenkel der Zange g umfaßt, so daß durch die Umdrehung der Walze der Riemen oder das Seil um die Walze sich wickelt und die Zange nach sich zieht, wodurch der Draht genöthigt ist, durch das Zieheisen zu gehen. Nachdem der Draht durch das Ziehloch gezogen worden ist, zieht man ihn auf gleiche Weise durch immer kleinere Zieheisen, bis er die gewünschte Dicke erreicht hat.

§. 329.

Die Anwendung der Zangen zum Drahtziehen ist mit mannichfachen Nachtheilen verknüpft: die Zangenbisse werden für den Draht um so nachtheiliger, je dünner derselbe ist, so daß ein dünner Draht durch die Zange ganz durchschnitten werden würde; eine größere Geschwindigkeit, die der geringere Widerstand des dünnen Drahtes gestattet, läßt sich den schweren Zangen nicht ohne großen Kraftverlust ertheilen; bei Anwendung der Stoßzange ist außerdem die Zeit, welche die Zange braucht, um zu dem Zieheisen zurückzugehen, total verloren. Aus diesen Gründen ersetzt man, sobald der Draht eine gewisse Feinheit erreicht hat, die Zange durch eine Vorrichtung, bei der der Draht, welchen man an der Peripherie eines Cylinders (Scheibe, Ziehscheibe, Leier, Rolle, Bobine, bobine, *drum*) befestigt, durch die Umdrehung des Cylinders ununterbrochen gleichzeitig gezogen und auf den Cylinder aufgewickelt wird. Fig. 84 zeigt eine Scheibenziehbank (Leierbank, Rollenbank, filière à bobine). Es wird der Draht auf die Haspel A gelegt, die sich um die in ihrer Mitte befindliche Stange leicht

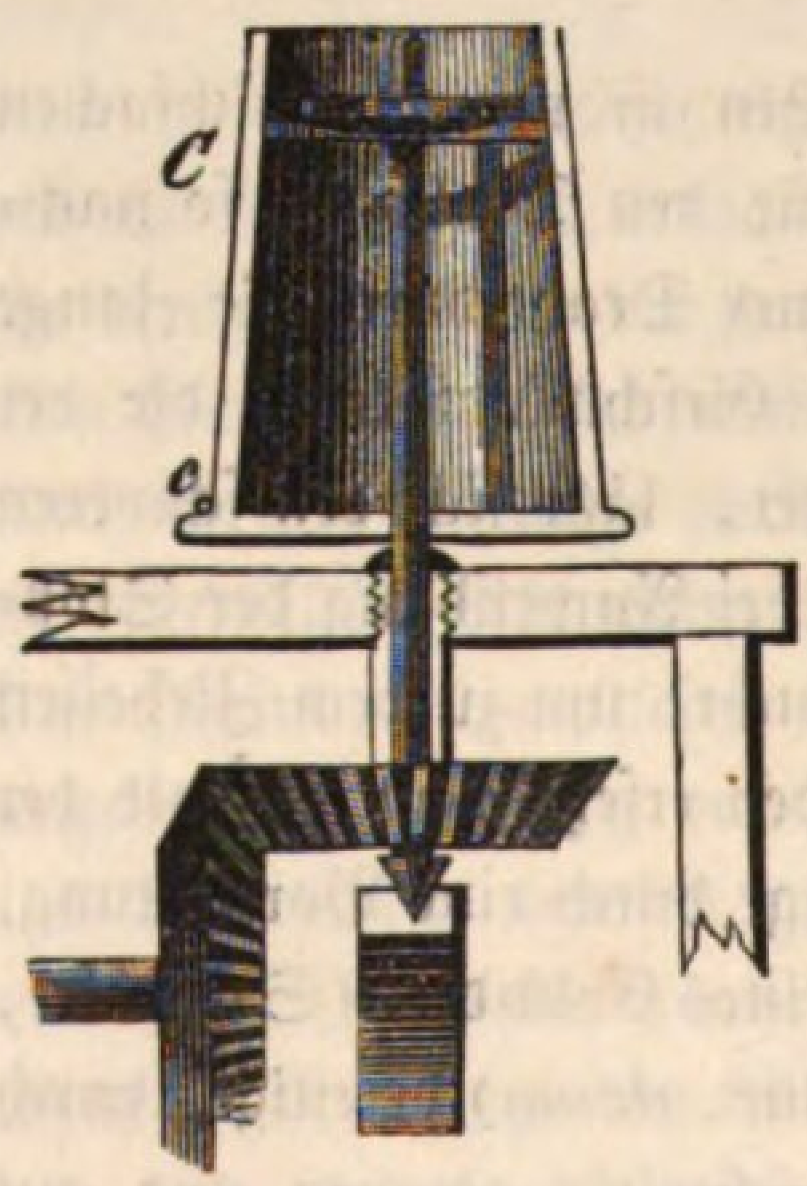
dreht, das zugespitzte Ende des Drahtes steckt man durch das Ziehloch des Zieheisens B, befestigt den Draht an den Haken c der Trommel C. Jede weitere Beschreibung, auf welche Weise der ganze Apparat in Bewegung gesetzt wird, macht die Abbildung unnöthig.

Fig. 84.



Man unterscheidet Wasserscheiben (Wasserleiern), wenn dieselben durch Wasserkraft bewegt werden, Handleiern, wenn die Menschenhand sie in Bewegung setzt. In der Regel gelangt der Draht von den Zangenziehbänken auf die Wasserscheibe und zuletzt auf die Handleier.

Fig. 85.



Der Durchmesser der Scheiben — gewöhnlich Cylinder von hartem Holze, am unteren Ende mit einem vorspringenden Rande und am Boden mit einem eisernen Kreuze versehen — ist sehr verschieden. Bei dickem Draht, der nur schwierig zu Ringen gebogen werden kann, ist der Durchmesser größer als bei feinem. Für die dickeren Drahtsorten wählt man einen Durchmesser von 15—24 Zoll, für feinere Sorten von 8—10 Zoll. Die Peripherie der Scheiben mit der Anzahl der Umdrehungen multiplicirt, die sie innerhalb einer bestimmten Zeit macht, giebt die Länge des in dieser Zeit gezogenen Drahtes, wobei jedoch nicht unberücksichtigt gelassen werden darf, daß der Durchmesser der Scheibe durch das Aufwickeln des Drahtes zunimmt.

Folgende Tabelle zeigt das Verhältniß der Dicke des Drahtes zu dem Durchmesser der Scheibe, der Geschwindigkeit des Zuges, der Umdrehungen

der Scheibe und der erforderlichen Betriebskraft für die Eisendrahtfabrikation (nach Karmarsch):

Dicke des Drahtes in Zollen.	Ziehgeschwindigkeit in einer Secunde. Zoll.	Scheibendurchmesser. Zoll.	Umdrehungen in einer Minute.	Betriebskraft für jede Scheibe. Pferdekraft.
0,33	8,2	22,5	7	7
0,24	11,5	20	11	5
0,19	13,9	18	15	4
0,15	17,2	15,5	21	3,25
0,125	21,3	14	29	2,66
0,080	32,4	11	56	2
0,044	60,7	9	128	1,17.

Bleiben alle übrigen Verhältnisse gleich, so läßt sich bei Kupferdraht die Betriebskraft auf $^2/_3$, bei Messingdraht auf $^7/_8$ des angegebenen schätzen.

§. 350.

Vorbereitung der Metalle zum Drahtziehen.

Die äußere Form der Metallstäbe, die zu Draht gezogen werden sollen, müssen der Form des Drahtes schon so viel als möglich nahe kommen. Nicht runde Stangen haben den Nachtheil, daß zur Hervorbringung der runden Gestalt ein wiederholtes Ziehen erforderlich ist, wodurch in jedem Falle Zeit verloren geht, ferner von den Kanten und Ecken nicht runder Stäbe Theilchen sich umlegen können, wodurch zur Bildung von Schiefern und unganzen Stellen im Draht Veranlassung gegeben werden kann. Aber auch die Methode, deren man sich zur Herstellung der Form der Stäbe bedient, ist auf die Qualität des herzustellenden Drahtes von wesentlichem Einflusse. Da die Moleküle des Metalles durch das Drahtziehen gleichsam faserähnlich sich gruppiren, so ist es einleuchtend, daß das Ziehen des Drahtes um so leichter und mit geringerer Gefahr des Abreißens vor sich gehen muß, je mehr durch die Vorarbeiten bereits eine derartige Anordnung der Moleküle stattgefunden hat.

Die Herstellung der Metallstäbe (Drahtstäbe) geschieht auf fünferlei Weise:

1) durch Schmieden, bei Eisen und Stahl gebräuchlich. Dieses Verfahren ordnet die Metalltheilchen auf die angedeutete Weise an, ist aber ein zu umständliches;

2) durch Walzen, gleichfalls bei Eisen und Stahl gebräuchlich, vereinigt die Vorzüge des Schmiedens mit großer Bequemlichkeit;

3) durch Schmelzen und Gießen. Man befolgt diese Methode

bei Messing und Rothmetall, welche beide in Form runder, oberflächlich abgefeilter Stangen dem Drahtzuge übergeben werden;

4) durch Schmelzen, Gießen und Schmieden, bei Kupfer, Gold und Silber üblich;

5) durch Zerschneiden von dickeren gewalzten Metallplatten. Dieses Verfahren findet im Kleinen bei der Herstellung von Gold-, Silber- und Platindraht, im Großen bei der Fabrikation von Draht aus Eisen, Kupfer, Kupferlegirungen und Zink statt.

§. 331.

Die durch das Drahtziehen entstandene Sprödigkeit der Metalle muß durch Glühen bei starker und anhaltender Rothglühhitze wieder aufgehoben werden. Daß diese Operation nur bei Metallen stattfinden kann, welche die Glühhitze ertragen, ohne zu schmelzen, liegt auf der Hand. Zink wird nur angewärmt; Blei läßt sich selbst ohne Anwärmen ausziehen. Je mehr ein Draht bei seinem Durchgange durch ein Ziehloch verdünnt wird, desto härter wird er. Je feiner der Draht schon ist, desto seltener bedarf er des Ausglühens, weil die während des Ziehens stattfindende Erhitzung das Hartwerden des Metalles zum Theil verhindert.

Das Ausglühen des Drahtes geschieht entweder in der Esse vor dem Gebläse mit Holzkohlen oder in einem Glühofen. Das Glühen vor dem Gebläse ist kostspielig und giebt zur Bildung von Glühspan Anlaß; feinere Drähte können sogar an einzelnen Stellen geschmolzen oder verschlackt werden.

Oft besteht der Glühofen nur aus einem überwölbten Herde mit einer Thüre zum Einsetzen und Herausnehmen der Drahtringe und mit einer Oeffnung im Gewölbe, durch die der Rauch abziehen kann. Die Drahtringe liegen auf eisernen oder gemauerten Böcken und werden mit Holzkohlen ausgeglüht. Anstatt der Holzkohlen läßt sich auch dünnes Holz, Reisig ꝛc. anwenden. Nach einem anderen Verfahren bringt man den Draht in einen 2—4 Fuß weiten und 8—10 Fuß hohen cylindrischen Ofen, welcher auf der einen Seite mit einer eisernen Thüre, oben mit einem Gewölbe, und unten mit Rost und Aschenfall versehen ist, zum Ausglühen. 1—1½ Fuß über dem Roste sind Eisenstäbe angebracht, auf welchen die Drahtringe über einander geschichtet werden. Der Raum zwischen den Drahtringen und der inneren Mauer wird mit trocknem Holze angefüllt, damit der Draht überall gleich stark erhitzt werde. Diese Oefen sind hinsichtlich des Brennmaterialverbrauches zwar vortheilhaft, sie können jedoch eben so wenig als die vorhergehenden die Bildung von Glühspan verhindern. Beim Ausglühen von

Eisendraht ist es zu empfehlen, den Draht vorher in ein Gemisch von Kalk- und Lehmbrei zu legen und nach dem Austrocknen des Ueberzuges den Draht zu glühen.

§. 332.

Eisen- und Stahldraht.

Zu Fabrikation des Eisendrahtes (fil de fer, *iron-wire*) wird ein sehr zähes, etwas hartes und festes Eisen erfordert. Faulbrüchiges, sich schlecht schweißendes und stark schieferndes Eisen ist zur Herstellung von Draht zu verwerfen. Rothbruch in geringem Maße schadet weniger als Kaltbruch, weil etwas rothbrüchiges Eisen sehr fest und zähe sein kann. Weiches und sehniges Eisen ist minder zur Fabrikation von Draht geschickt, als hartes und dabei festes Eisen, weil die sehnige Beschaffenheit gar leicht zum Spalten und Abreißen Anlaß giebt. Festes und hartes Eisen erfordert bei der Bearbeitung größere Sorgfalt und wiederholtes Ausglühen als weiches und sehniges Eisen, weil es in Folge seiner Härte beim Ziehen schneller spröde wird.

Nach dem älteren, jedoch gegenwärtig noch häufig angewendeten Verfahren werden geschmiedete, gewalzte oder geschnittene Eisenstäbe zuerst mit Hülfe von Stoßzangen, später auf Wasserleiern gezogen; nach der neueren Methode, die immer mehr und mehr Eingang findet, geht die Streckung der Eisenstäbe zuerst durch eingekerbte Walzen, später aber ausschließlich auf der Scheibe vor sich.

Wie oft das Eisen von dem stärksten bis zum feinsten Draht geglüht werden muß, hängt zum großen Theil von der Beschaffenheit des Eisens ab. Auf den meisten Drahthütten läßt man den Draht 35—40mal durch die Zieheisen gehen und reicht mit 4—5 maligem Glühen vollständig aus. Während des Ausglühens muß die Bildung von Glühspan möglichst vermieden werden, da der Glühspan die Löcher der Zieheisen ausschleifen und erweitern würde. Er muß deshalb, wenn er sich gebildet hat, beseitigt werden, ehe man zur weiteren Bearbeitung schreitet. Dies kann auf verschiedene Weise erreicht werden. Nach der ältesten Methode, welche indessen nur ungenügende Resultate giebt, zieht man den Draht durch ein Bret. Nach einem anderen, sehr gebräuchlichen Verfahren legt man die ausgeglühten und erkalteten Drahtringe auf die sogenannten Polterbänke, man befestigt nämlich die Ringe an einem Hebelarme, hebt sie in die Höhe und läßt sie, durch abwärtsgehende Bewegung des Hebelarmes gegen eine Unterlage, unter fortwährendem Zuströmen von Wasser, schlagen, bis die Oberfläche des Drahtes vollkommen blank geworden ist. Nach einem dritten Verfahren

scheuert man die Drahtringe mit Kieselsteinen in einem siebartig durchlöcherten, sich um seine Axe drehenden Fasse unter stetem Zufließen von Wasser. Häufig wendet man anstatt des mechanischen Scheuerns eine Beize aus verdünnter Schwefelsäure an; man hat gefunden, daß, wenn in der Säure etwas Kupfervitriol aufgelöst wird, die auf dem Eisen sich niederschlagende, äußerst dünne Kupferhaut das nachherige Ziehen, durch Verminderung der Reibung im Ziehloche, erleichtert.

§. 333.

Der Verlust an Material bei der Drahtfabrikation ist schwer mit Genauigkeit zu bestimmen. Feinere Drahtsorten, die eines öfteren Ausglühens bedürfen, veranlassen selbstverständlich größeren Verlust an Eisen und Aufwand an Brennmaterial. Der Abbrand beim Glühen geht selten über 12,5 Proc., bei zweckmäßig eingerichteten Glühanstalten sollte er nicht mehr als 1,5 — 2 Proc. betragen. Die Quantität des Abfalls, d. h. der abgerissenen Enden und Stumpen richtet sich nach der Beschaffenheit des Eisens und nach der größeren oder geringeren Vollkommenheit des Verfahrens.

Der Eisendraht kommt im Handel in Ringen von 5, 10 bis 25 Pfund Gewicht vor. Die Gattungen des Drahtes werden nach der Dicke in den verschiedenen Ländern verschieden benannt. Die gröbste Sorte heißt in Oesterreich und Steyermark Kesseldraht oder Kupferschmieddraht; darauf folgen in der Stärke Rahmdraht, Riemendraht, Gemeindraht, Strickdraht und Nadlerdraht; die vier ersten Sorten werden von Huf- und Kupferschmieden, Schraubenschmieden, die beiden letzteren zu Drahtstiften, Nadlerarbeiten ꝛc. verarbeitet. Ein solcher Drahtring wiegt gewöhnlich 10 Pfund. Noch feiner sind: Belladraht, Ardeadraht und Schlingendraht, erstere kommen in 25pfündigen, letzterer in fünfpfündigen Drahtringen vor. Auf diese folgen nach der Stufe des Feinerwerdens Bethendraht, Kardätschendraht und Kranzeldraht, welche von Siebmachern, Kardätschen- und Kratzenverfertigern, Blumenmachern und Pianofortefabrikanten Anwendung finden. Die feinsten Eisendrähte heißen Instrumentdraht und Saitendraht. Ganz verschieden sind die Benennungen in Kärnten, wo man noch viel gröbere Drähte von der Dicke des sogenannten gehämmerten Rundstabeisens, für schwere Schiffsketten verfertigt. Die gröbsten kärntischen Drähte heißen ***Straffetta, Straffettina, Fenestrina, Bordeon, Cortellini,*** Mittereisen, ***Pessetti, Verschelira,*** Nadlerdraht, Ardeadraht u. s. w.

§. 334.

Die Drahtfabriken in der preußischen Rheinprovinz (Gemünd und Eschweiler im Rgbzk. Aachen und Altena, Limburg, Nachrodt ꝛc. im Rgbzk. Arnsberg) fabriciren gewöhnlich 42 Sorten, welche nach Egens folgenderweise bezeichnet werden: Gröbster Eisendraht Ketten (0,308 Zoll Durchmesser), darauf Schleppen, Rinken, Malgen, Memel, Klink, Nattel, Schilling (von 0,265 bis 0,079 Zoll Durchmesser), Band, Münster, kleine Gattung (von 0,070 bis 0,027 Zoll Durchmesser), ½ Hol, 1 Hol, 1½ Hol bis 10 Hols (von 0,024 bis 0,0075 Zoll Durchmesser). Zu dem dünnsten Eisendraht gehören die Klaviersaiten (von 0,039 bis 0,008 Zoll Durchmesser), welche in Nürnberg und Wien fabricirt werden.

Nachstehende Tabelle giebt das Gewicht des Eisendrahtes bei verschiedener Stärke an, wobei das spec. Gewicht von 7,88 zu Grunde gelegt worden ist:

Durchmesser in Zollen.	Fuß auf 1 Pfund.
0,010	4126
0,015	1834
0,020	1031
0,025	660
0,030	458
0,040	258
0,050	165
0,060	114
0,080	64,5
0,100	41,3
0,125	26,2
0,150	18,3
0,175	13,1
0,20	10,3
0,24	7,17
0,30	4,58
0,40	2,58
0,50	1,65
0,60	1,14
0,70	0,842
0,75	0,734
0,80	0,645
0,85	0,571.

§. 335.

Der Stahldraht (fil d'acier, *steel-wire*) wird auf gleiche Weise wie der Eisendraht gezogen. Runder Stahldraht findet in der Fabrikation von

Strick- und Nähnadeln häufige Anwendung; die dickeren Sorten kommen unter dem Namen Rundstahl (acier rond tiré, *round steel-wire*) in dem Handel vor und werden von den Uhrmachern und Mechanikern gebraucht. Die dickste Sorte (von 0,4 Zoll im Durchmesser) wird mit Z bezeichnet, die Sorte A ist nur 0,227 Zoll dick; auf A folgt Nr. 1, die höchste Nummer ist Nr. 70 (von 0,027 Zoll Durchmesser). Besondere Sorten von Stahldraht sind

a) der gezogene viereckige Stahl, theils flach, theils quadratisch;

b) der Triebstahl (fil à pignons, *pinion-wire*) hat im Querdurchschnitt die Gestalt eines Getriebes mit 6 — 12 Zähnen und findet in der Uhrenfabrikation Anwendung;

c) der Sperrkegeldraht (acier à cliquets, *click-wire*), welcher gleichfalls von den Uhrmachern gebraucht wird. Ein Abschnitt eines solchen Stahles giebt einen Sperrkegel;

d) der geplättete Stahldraht (*pendulum-wire*) ist englischer, zwischen Walzen dünn und platt ausgestreckter Stahldraht.

§. 336.

Messing- und Tombakdraht.

Messing und Tombak werden auf gleiche Weise vorbereitet. Es werden entweder

1) aus starkem gewalztem Messingblech schmale, möglichst quadratische Streifen (Regalen) geschnitten, oder

2) runde Stangen von 8 — 12 Linien Durchmesser gegossen und und vor dem Ziehen befeilt.

In Deutschland wird der Messingdraht in der Regel mit Hülfe von Stoßzangen gezogen und zuletzt auf den Scheiben verfeinert. Der Messingdraht kommt schwarz und licht (blank) im Handel vor. Ersterer ist nach dem letzten Ziehen geglüht worden und ist aus dem Grunde weich und biegsam. Der lichte Draht ist theils lichtweich, theils lichthart; der erstere wurde nach beendigtem Ziehen gleichfalls geglüht, darauf aber mit verdünnter Schwefelsäure gebeizt, zuweilen auch noch durch ein scharfrandiges Ziehloch gezogen; der lichtharte Messingdraht wurde nach dem Glühen und Beizen wiederholt gezogen, wodurch er einige Härte und Elasticität erlangt. Im Bruche unterscheiden sich beide Drahtsorten dadurch, daß der weiche gelb, der harte grau und sehr kleinkörnig ist. Der letztere wird nicht selten Uhrmacherdraht genannt.

Man unterscheidet im Handel

1) Musterdraht, und zwar schwarzen und weichen und lichten, welcher weich und federhart ist;

2) Scheibendraht, wovon die dickste Sorte sich an den dünnsten Musterdraht anschließt; die federharten Scheibendrähte dienen vorzüglich zu Claviersaiten, zu Nadeln, zu Hosenträgerfedern;

3) Banddraht, ebenfalls an die dünnen Nummern des Musterdrahts anschließend, zum Gebrauche für Nadler, sowie zu Arbeiten, bei welchen der Draht stark gebogen werden muß;

4) Siebmacherdraht zu Sieben, Papierformen; man fabricirt ihn meist weich und wendet nur zu den geraden Fäden in Drahtgeweben federharten Draht an;

5) Klaviersaitendraht, aus gutem Messingdrahte auf Handscheiben fein gezogen und häufig auch während des Aufspulens mit Leder und Tripel polirt;

6) Façonnirter Messingdraht: a) quadratischer, zu Regen- und Sonnenschirmstäbchen angewendet, b) Schwalbenschwanzdraht, im Durchschnitt keilförmig, c) Sammtnadeln, im Durchschnitte fast herzförmig und ungefähr 2 Fuß lang; sie finden beim Weben des Sammtes Anwendung [1]).

Nachstehende Uebersicht giebt das Gewicht des Messingdrahtes bei verschiedener Dicke mit Zugrundelegung des mittleren spec. Gewichtes von 8,57.

Dicke in Zollen.	Fuß auf 1 Pfund.	Dicke in Zollen.	Fuß auf 1 Pfund.
0,010	3794	0,10	37,9
0,015	1686	0,15	16,8
0,020	948	0,20	9,48
0,030	421	0,25	6,07
0,035	310	0,30	4,21
0,040	237	0,40	2,37
0,045	187	0,50	1,52
0,050	152	0,55	1,26
0,060	105	0,60	1,05
0,070	77,5	0,65	0,89
0,080	59,3	0,70	0,775.

[1]) Bedeutende Messingfabriken sind zu Oed unfern Wien (Rosthorn'sche Fabrik), zu Achenrain in Tirol, zu Ebenau in Salzburg, zu Augsburg (J. A. Beck u. Co.), zu Stolberg bei Aachen, zu Hegermühle, zu Nürnberg (H. P. Volkamer u. Forster auf dem Hammer bei Nürnberg, die älteste Messingdrahtfabrik Deutschlands, da sie schon 1535 gegründet wurde und gegenwärtig (1857) 322 Jahre unter derselben Firma besteht), zu Schwabach (J. L. Hüttlinger). —

§. 337.

Kupferdraht.

Der Kupferdraht (fil de cuivre, *copper-wire*) wird theils aus Regalen (vergl. Seite 330), theils aus gegossenen und rund geschmiedeten Stäben oder Zainen gezogen. Das Ziehen der gröberen Drahtsorten wird auf langen Ziehbänken mit Hülfe von Schleppzangen ausgeführt. Der Kupferdraht wird in Ringen von 1, 5, 10, 20 oder 25 Pfd. Gewicht verkauft. Eben so wie bei den Messing- und Tombakdrähten unterscheidet man Muster- und Scheibendrähte.

Das Gewicht des Kupferdrahtes bei verschiedener Feinheit ersieht man aus der folgenden Tabelle, bei deren Berechnung das spec. Gewicht von 8,878 zu Grunde gelegt ist.

Dicke in Zollen.	Fuß auf 1 Pfund.	Dicke in Zollen.	Fuß auf 1 Pfund.
0,010	3662	0,090	45,2
0,015	1628	0,10	36,6
0,020	915	0,15	16,3
0,030	407	0,20	9,15
0,040	229	0,30	4,07
0,050	146	0,40	2,29
0,060	102	0,50	1,46
0,070	74,8	0,60	1,02
0,080	57,2	0,70	0,748
		0,80	0,572.

Der Zinkdraht und Bleidraht werden verhältnißmäßig nur in geringer Menge erzeugt und können deshalb, was ihre Darstellung betrifft, hier übergangen werden.

§. 338.

Platindraht.

Der Platindraht wird theils aus Platinblechstreifen, theils aus geschmiedeten Platinstäbchen gezogen. Er findet meist nur zu chemischen und physikalischen Zwecken Anwendung. Um Platindraht von noch größerer Feinheit, als er nach dem gewöhnlichen Verfahren dargestellt werden kann, zu erhalten, umgiebt man nach Wollaston den Platindraht mit einer dicken cylindrischen Hülle von Silber und zieht die beiden vereinigten Metalle so fein als möglich durch das Zieheisen aus. Wird darauf das Silber durch Salpetersäure entfernt, so bleibt der Platindraht in außerordentlicher Feinheit zurück.

§. 339.

Aechter und unächter Gold- und Silberdraht.

(Aechter Silberdraht.)

Man wendet zur Fabrikation des ächten Silberdrahtes (argent trait) ein möglichst weiches und reines Silber an, das in einem Kohlentiegel geschmolzen und in viereckige Stäbe von 15 Zoll Länge, 2 Zoll Breite und Dicke und etwa zu 40 Mark Schwere gegossen wird. Der Silbercylinder wird rothglühend zu einem langen Stab ausgeschmiedet, welcher nachher in kleinere Cylinder von 10—14 Mark Schwere zertheilt wird. Diese Cylinder werden von Neuem geglüht und eine Spitze daran geschmiedet, damit sie durch die Löcher der großen Zieheisen bequem hindurch gesteckt werden können. Darauf werden die Cylinder auf der Beschneidebank im glühenden Zustande mit einem Stahlmesser völlig rund geschnitten. Endlich werden sie in einen Schraubestock gespannt und befeilt. Die Cylinder haben nach dieser Behandlung einen Durchmesser von etwa einem Zoll; sie werden mit Wachs bestrichen durch so viele Ziehlöcher gezogen, als nöthig sind, um die Verdünnung bis auf $^1/_3$ oder $^1/_4$ Zoll zu treiben. Der Silberdraht wird nun um eine Holzwalze gewickelt, geglüht und nach dem Glühen bis auf $^1/_{500}$ Zoll Durchmesser ausgezogen. Im Ganzen muß der Silberdraht, um die größtmögliche Feinheit zu erlangen, durch 100 — 120 Löcher gehen. Ehe der Draht die höchste Feinheit erreicht, wird er ein- oder zweimal geschabt, d. h. man läßt ihn von der engeren Seite durch ein scharfrandiges Ziehloch gehen. Man läßt auch den bereits fein gezogenen Draht bei dem letzten Ziehen von der engen Seite durch das Ziehloch gehen, wodurch der Glanz des Drahtes erhöht wird.

§. 340.

Aechter Golddraht.

Was man mit dem Namen ächter Golddraht (or trait) bezeichnet, besteht nie gänzlich aus Gold, sondern ist Silberdraht, der mit Gold überzogen ist. Die zur Verfertigung des ächten Golddrahtes erforderlichen Silberstangen werden eben so wie zur Fabrikation des Silberdrahtes vorbereitet, nur beschneidet man sie stärker und mit größerer Sorgfalt, weil der Vergoldung wegen das beim Silberdraht angewendete Schaben unterbleiben muß. Die Cylinder werden darauf geschlichtet, d. i. durch die größten Löcher der Ziehplatte gezogen, um die Rundung recht gleichförmig zu machen, dann der Länge nach mit einer Schlichtfeile etwas aufgerissen (schroff gemacht) und geglüht, die Goldblätter mit einem Kloben von Fischbein auf glatte Kupfer-

bleche ganz gleich und eben ausgebreitet und die glühenden Silberstäbe darüber gerollt, wobei sich das Gold leicht anhängt. Man wendet zum Vergolden der Silberstäbe das Fabrikgold (vergl. Seite 311) an. Nach dem Erkalten der Silberstäbe werden sie mit wenig gedrehtem Bindfaden fest umwickelt, über starkem Kohlenfeuer geglüht und in der Schneidebank — einer Art Ambos — mit einer Kratzbürste aus Messing gereinigt, äußerst schnell das Gold mit Achatstein fester eingerieben, und die Cylinder noch heiß durch einige Ziehlöcher gezogen. So sind die Stangen zum Drahtziehen vorbereitet. Die Ziehlöcher müssen vollkommen glatt und rund sein, damit das Gold während des Ziehens nicht abgestreift werde, auch verhindert man das Abstreifen dadurch, daß man den Draht von der befeilten Seite an mit Wachs bestreicht (ihm die „Wachsnahrung" giebt).

Die Goldmenge, womit der Silberdraht überzogen wird, ist verschieden und bedingt die größere oder geringere Haltbarkeit der Vergoldung. In Oesterreich bestehen gesetzlich drei Vergoldungsarten des Silbers zu Draht, nämlich $^1/_0$, $^3/_0$ und $^5/_0$; das angewendete Silber muß 15 Loth $13^1/_2$ Grän bis 15 Loth $14^1/_2$ Grän per Mark Gehalt haben. Auf eine Silberstange, welche 2 Mark 8 Loth — 2 Mark 9 Loth wiegt, müssen bei

$^1/_0$	Vergoldung	12 Blatt	à $^1/_4$ Dukatengewicht
$^3/_0$	„	20 „	„ „
$^5/_0$	„	28 „	„ „

aufgelegt werden, so daß der vergoldete Draht in der Mark $^1/_0$: $4^3/_{16}$, $^3/_0$: $6^{15}/_{16}$ und $^5/_0$: $9^{11}/_{16}$ Grän Gold enthält. Bei der geringsten Vergoldung beträgt auf dem feinsten Drahte von 0,002 Zoll Dicke der Goldüberzug nur $^1/_{256410}$ Zoll Dicke.

§. 341.

Unächter Gold- und Silberdraht.

Der unächte Gold- und Silberdraht, auch leonischer oder lyonischer Draht genannt, kann in zwei Hauptarten unterschieden werden:

1) in silber- oder goldplattirten Kupferdraht;
2) in cementirten Kupferdraht.

Zur Herstellung des silberplattirten Drahtes werden zuerst aus reinem Kupfer Stangen gegossen, welche ausgereckt, so gut als möglich rund gefeilt und durch das Loch des ersten Ziehstockes gezogen werden, um eine vollkommene Rundung der Stangen zu bewirken; sie werden darauf mit einer flachen breiten Feile der Länge nach geschabt, geglüht, glühend in den Schraubestock genommen, mit Blattsilber 6—8mal überlegt und dasselbe

mit runden Polirstählen bei hoher Temperatur aufgebügelt, und die Stangen noch heiß durch das erste bis fünfte oder sechste Ziehloch gezogen. Jetzt lassen sich die Stangen kalt durch 10 — 12 Ziehlöcher ziehen. Die Löcher müssen genau und sorgfältig ausgedreht und polirt sein, damit vom Silber während des Ziehens nichts abgeschabt werde; zur Verhütung des Abschabens wird der Draht auch mit Wachs bestrichen. Ist der Draht durch mehrmaliges Ziehen hart geworden, so wird er geglüht, abgebeizt, abgetrocknet und das Ziehen fortgesetzt, bis er die Feinheit eines starken Bindfadens erreicht hat. Von jetzt an geschieht das Feinziehen auf der Scheibe bis zur Roßhaardicke. Zuletzt wird der Draht durch ein Ziehloch auf die Spule und von dieser wieder zurück auf die Scheibe gezogen, endlich auf kleinere Spulen nach Marken abgespult.

Eine stärkere Versilberung oder eigentliche Silberplattirung wird auf die Weise erhalten, daß man eine rothglühende Kupferstange in eine Röhre aus gewalztem Silberblech einschiebt und die plattirte Stange wie angegeben behandelt.

Anstatt eine auf mechanischem Wege mit Silber überzogene Kupferstange auszuziehen, hat man in neuerer Zeit angefangen, feinen Kupferdraht auf galvanischem Wege zu versilbern.

§. 342.

Bei der Fabrikation des goldplattirten Drahtes findet genau dasselbe Verfahren statt, nur werden, wenn das Kupfer mit Silberblatt oder Silberblech überzogen ist, einige Lagen Goldblatt darüber gelegt und ebenfalls bei höherer Temperatur aufgeplättet, worauf wie bei dem silberplattirten Drahte verfahren wird.

Der cementirte Draht besteht in der Grundlage ebenfalls aus Kupfer, die goldähnliche Farbe dieses Drahtes ist jedoch nicht durch Gold, sondern durch eine oberflächliche Ueberführung des Kupfers in Tombak hervorgebracht worden. Die Kupferstangen werden, nachdem sie geschmiedet, gefeilt und im ersten Ziehloche die erforderliche Rundung erhalten haben, in einen eisernen Cylinder, welcher der Länge der Kupferstangen angemessen ist und so geräumig sein muß, daß 3 oder 4 solche Stangen sich bequem darin herumrollen lassen, gegeben. Die Cylinder sind in den schmalen Seitenwänden mit runden Löchern versehen, durch welche die Kupferstangen eingezogen werden. Auf dem Boden des Cylinders wird etwas granulirtes Zink und Salmiak ausgebreitet, der Cylinder mit einem Deckel verschlossen und in einem Ofen so stark erhitzt, daß das Zink in Dämpfe übergeht, welche in die Poren des Kupfers eindringen und dasselbe auf der Oberfläche in Tombak über-

führen. Die Stangen werden, sobald sie fast abgekühlt sind, aus dem Cylinder entfernt, dann abgebeizt und endlich wie die plattirten Stangen durch die erforderliche Anzahl von Ziehlöchern zu gelbem Drahte gezogen, welcher bis zur höchsten Feinheit seine goldgelbe Farbe behält. Cementirter Draht verliert sehr bald beim Gebrauche seinen Glanz und seine Farbe.

Der silberplattirte Draht heißt Paternosterdraht (von 0,072 bis 0,0075 Zoll Durchmesser), wenn er in Ringe, und gezogenes Silber (von 0,015 bis 0,0045 Zoll Durchmesser), wenn er auf Spulen gewickelt ist. Der cementirte Draht führt in Ringen den Namen Schwertdraht (von 0,022 bis 0,005 Zoll Dicke), in Spulen: gezogenes Messing[1]).

§. 343.

Geplätteter leonischer Draht führt den Namen Lahn (Plasch oder Plätt, lame, *flatted-wire*); er wird zu den sogenannten Gold- und Silbergespinnsten, zu Bouillons, Tressen u. s. w. verarbeitet. Schraubenähnlich zu feinen Röhrchen gewundene ächte und unächte Gold- und Silberdrähte, welche bei der Verfertigung von Quasten, Fransen, Epauletten u. s. w. Anwendung finden, heißen Kantillen oder Bouillons (cannetilles, bouillons, *purls*), man unterscheidet solche aus rundem Drahte, matte Kantillen, und solche aus Lahn, Glanzkantillen. Die gewöhnlichen Kantillen werden auf runden Nadeln gesponnen und sind deshalb cylindrisch, die krausen Kantillen (Krausbouillons) haben ihr schraubenartiges Ansehn dadurch erhalten, daß man sie über einer drei- oder vierkantigen oder halbrunden Nadel spann.

Zur Herstellung der bekannten Drahtflittern (Flittern, Plättlein, paillettes, *spangles*) wird unächter Gold- und Silberdraht über stäh-

---

[1]) Nach Urkunden hat ein Franzose, Namens Antoine Fournier (oder Fournière), im Jahre 1570 die erste leonische Drahtfabrik in Nürnberg errichtet und dieser Fabrikszweig hat sich bis Ende des vorigen Jahrhunderts in Nürnberg und dessen Umgegend erhalten, wo die bis dahin geheim gehaltene Fabrikationsmethode durch Arbeiter verrathen und in andere Städte und Länder verpflanzt wurde. Noch vor 50—60 Jahren konnte leonischer Draht selbst in Frankreich nur bis zur Dicke einer schwachen Stricknadel hergestellt werden, jedoch nur dann, wenn Nürnberger Fabrikanten das dazu nöthige raffinirte Kupfer schon in Stangen geliefert hatten. Seit etwa 25—30 Jahren sind in Oesterreich, Preußen, Sachsen, Frankreich und Rußland leonische Drahtfabriken entstanden. — Eine ursprüngliche Kupferstange, wie sie bei der Fabrikation von leonischem Drahte Anwendung findet, giebt, nachdem sie bis zu dem dünnsten Drahte gezogen ist, eine Länge von 38 deutschen Meilen oder 903,936 bayer. Fußen. Ich verdanke vorstehende Notizen der Güte des Herrn Fabrikbesitzers C. Schmidmer (Firma: C. Kuhn's Drahtfabrik) in Nürnberg.

lerne Nadeln zu Kantillen gewunden; die Kantillen werden aufgeschnitten und dadurch in einzelne Drahtringelchen verwandelt, welche auf der etwas converen und polirten Bahn eines Amboses (Flitterstock) mit Hülfe eines Hammers, dessen verstählte Bahn äußerst fein polirt ist, mit einem einzigen Schlage platt geschlagen werden, wobei die Spalte des ursprünglichen Ringelchens für das unbewaffnete Auge verschwindet und die Flitter selbst höchsten Spiegelglanz annimmt. In der Nürnberger Industrie macht man einen Unterschied zwischen Flittern und Plättlein und bezeichnet mit ersterem Namen die viel dünner und leichter geschlagenen Plättchen, daher bei gleicher Größe und gleichem Gewicht die Flitter eine ungleich größere Anzahl Stücke enthalten, als Plättlein.

§. 344.

Drahtseile.

Eine der nützlichsten Verwendungen, welche von dem Eisendraht in neuerer Zeit gemacht worden sind, ist die Verwendung desselben zu Drahtseilen, welche zuerst im Jahre 1822 vom Oberbergrath Albert in Clausthal versucht wurde. Der große Kostenaufwand, welchen die bei dem Oberharzer Bergbau erforderlichen Treibseile verursachten, und der Umstand, daß das beste Material zu den Hanfseilen nur aus dem Auslande bezogen werden konnte, gaben die Veranlassung, auf geeignete Mittel zur Beseitigung jener Uebelstände zu denken, und so wurde er darauf geführt, die Treibseile aus Eisendraht anfertigen zu lassen. Der erste Versuch zur Anwendung von Drahtseilen wurde in der Mitte des Jahres 1834 auf der Carolinengrube gemacht und mit so gutem Erfolge, daß seitdem in dem Bergbau statt der früheren Hanfseile und eisernen Ketten fast überall Drahtseile angewendet werden und vermehrte Sicherheit und Kostenersparniß gewähren.

Zur Anfertigung der Drahtseile nimmt man gewöhnlich verzinkten Eisendraht (galvanisirten E.) und in der Regel die Drahtnummern 20, 18, 16, 15, 13 und 11 der englischen Lehre. Da ein Drahtseil seine größte Stärke nur dann erhält, wenn die Drähte selbst keine Drehung beim Spinnen erleiden, so wird in die sechs Drähte, aus welchen gewöhnlich der Strang oder die Litze gebildet wird, ein Hanfseil (Hanfseele) eingelegt, welches den Raum ausfüllt und gewöhnlich getheert wird. Aus 6 solchen Litzen wird wieder mit einer Hanfseele das Seil gebildet, und aus solchen Seilen kann man nochmals ein Seil zusammensetzen, welches demnach aus 216 Drähten besteht. Auch runde Drahtseile, in welchen statt der Hanfseele in den Litzen ein ausgeglühter Eisendraht und somit nur eine Hanfseele in der Mitte des Seiles sich befindet, haben sich, große Seilscheiben vorausgesetzt, gut bewährt.

§. 345.

Die flachen oder Banddrahtseile dienen für schwere Förderungen in Kohlenbergwerken; sie haben 6 Strähne, von denen 3 rechts, 3 links gedreht sind. Jeder Strähn besteht aus 4 Litzen, jede Litze entweder aus 6 oder 7 um eine Hanfseele herumliegenden Drähten; es ist mithin ein Bandseil aus $6 \times 4 \times 6 = 144$ oder $6 \times 4 \times 7 = 168$ Drähten zusammengesetzt. Die sechs Strähne werden von durchgehenden flachen Stiften mit angeschmiedetem Kopfe auf beiden Seiten zusammengehalten. Zu den Drahtseilen mit 144 Drähten wird Drahtnummer 15 und 16, zu den mit 168 Drähten Nr. 15 verwendet.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß man die Drahtseile bei dauernder Benutzung so stark nehmen muß, daß sie im Stande sind, die 7—8fache Last schwebend zu tragen, und daß man den Seilscheiben und Trommeln die größtmöglichen Durchmesser geben muß.

Nachstehende Tabellen geben für die Anwendung von Fabrikaten der Seilerei von Felten und Guilleaume in Cöln[1]) Anhaltepunkte.

	Nummer des Drahtes.	Anzahl der Drähte.	Durchmesser des Seiles. Zoll.	Linien.	Gewicht pro Lachter (à $6\frac{2}{3}$ preuß. Fuß).	Anzuhängende Last für a) Förderung nebst b) Winden Gefäß- u. Seilgewicht in Pfunden. a)	b)	Kleinster Durchmesser der Scheiben Zoll.	Wellbäume. Zoll.
Runde Drahtseile.	20	36	—	$4\frac{2}{3}$	$\frac{6}{7}$	350	1000	18	9
		42	—	$4\frac{3}{4}$	1	480	1150	21	10
	18	36	—	$6\frac{1}{3}$	2	600	1700	32	16
		42	—	$6\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{3}$	700	1950	34	17
	16	36	—	$8\frac{2}{3}$	$3\frac{3}{4}$	1150	3200	43	21
		42	—	$9\frac{1}{3}$	$4\frac{3}{8}$	1340	3650	46	23
	15	36	—	$9\frac{1}{6}$	$4\frac{1}{3}$	1280	3800	48	23
		42	—	$9\frac{4}{5}$	5	1500	4100	49	24
	13	36	—	$10\frac{3}{3}$	$6\frac{3}{4}$	1750	4800	54	26
		42	—	$11\frac{2}{5}$	$7\frac{7}{8}$	2100	5600	58	29
	11	36	1	2	$11\frac{1}{4}$	3000	8300	70	35
		42	1	3	$13\frac{1}{8}$	3500	9600	75	37

Nummer des Drahtes.	Anzahl der Drähte.	Dicke des Seiles. Zoll.	Linien.	Breite des Seiles. Zoll.	Linien.	Gewicht pro Lachter.	Anhängende Last incl. Gefäß.	Kleinster Durchmesser der Scheiben	Wellbäume.
16	144	—	$6\frac{1}{4}$	3	$1\frac{1}{2}$	$13\frac{2}{3}$	3500	28	47
15	144	—	$6\frac{5}{8}$	3	$5\frac{5}{8}$	17	4000	30	50
16	168	—	$6\frac{5}{8}$	3	$5\frac{5}{8}$	17	4100	30	50.

Die Herstellung der Drahtseile geschieht auf Drahtseilspinnmaschinen.

---

[1]) Dr. Carl Seuffert, Beschreibung der Seilerei von Felten und Guilleaume in Cöln, im Bayer. Kunst- und Gewerbeblatt 1856. pag. 6 — 20.

Das Löthen.

§. 346.

Unter Löthen (souder, *soldering*) versteht man die in den Gewerben sehr häufig vorkommende Operation, durch welche zwei Metallstücke durch ein leichter schmelzbares Metall, gewöhnlich eine Legirung, in einzelnen Fällen auch durch dasselbe Metall zu einem Ganzen vereinigt werden. Das Löthen hat für die Metallverarbeitung dieselbe Bedeutung, wie das Zusammenleimen für die Holzverarbeitung.

Das Metall, welches die Vereinigung der beiden Metallflächen bewirken soll, heißt das Loth (soudure, *solder*). Es muß in allen Fällen einen niedrigeren Schmelzpunkt haben, als das leichtflüssigste der zu vereinigenden Metalle; es muß im geschmolzenen Zustande hinlänglich dünnflüssig sein, um die Fuge schnell auszufüllen; es darf ferner keinen zu niedrigen Erstarrungspunkt besitzen, damit die Zeit zur Verbindung der Flächen, ohne daß fortgesetzte Erhitzung nöthig sei, gegeben werde. Die Farbe des Lothes darf endlich zu den meisten Zwecken von der Farbe der zu löthenden Metalle nicht zu sehr abweichen, damit die Löthstelle so wenig als möglich wahrzunehmen sei. Die Haltbarkeit der Löthung ist durch die Festigkeit des Lothes und dessen Anhaftung zu dem zu löthenden Metalle abhängig, welche letztere nicht blos Adhäsion im physikalischen Sinne ist, sondern vielmehr darauf beruht, daß das Loth während des Schmelzens sich mit den Metallflächen legirt. Daraus folgt, daß auch die zu löthenden Metalle erhitzt sein müssen und daß ein jedes Metall zum Löthen auch ein verschieden zusammengesetztes Loth bedarf, da die Größe der Adhäsion und die chemische Verwandtschaft des Lothes zu dem Metall in Betracht zu ziehen ist.

§. 347.

Man unterscheidet 1) Weichloth (Schnellloth, Weißloth, soudure tendre, *soft solder*), aus weichen und leichtflüssigen Metallen bestehend, welche bei verhältnißmäßig niederer Temperatur schmelzen, jedoch keine besondere Festigkeit haben, und 2) Hartloth (Schlagloth, soudure forte, *hard solder*), aus härteren und schwerer schmelzbaren Metallen zusammengesetzt, welche bei der Anwendung schon eine ziemlich hohe Temperatur ertragen, auch das Hämmern und Biegen der gelötheten Gegenstände gestatten. Je nachdem Weich- oder Hartloth Anwendung findet, zerfällt das Löthen:

1) in das Weichlöthen (soudure tendre, *soft soldering*),
2) in das Hartlöthen (soudure forte, brasure, *hard soldering, brazing*).

Damit das Loth in der That eine dauerhafte und schöne Vereinigung der Metallflächen bewirke, ist es nothwendig, daß

a) die zu vereinigenden Metallflächen vollkommen frei von Oxyd, so wie von Unreinigkeiten seien; man reinigt deshalb die Metallflächen unmittelbar vor dem Löthen entweder mechanisch durch Abschaben oder Feilen, oder chemisch durch Lösungsmittel wie verdünnte Säuren und Alkalien (Ammoniak);

b) die Luft von der Löthstelle während des Löthens abgeschlossen werde, um Loth und Metallflächen vor der Oxydation zu bewahren. Man bedeckt zu diesem Zwecke die Löthstelle mit Substanzen, die nicht nur den Zutritt der Luft verhindern, sondern zugleich auch chemisch einwirken und das vielleicht vorhandene Oxyd entweder auflösen, oder reduciren, oder verflüchtigen. Solche Substanzen sind bei Weichloth: Salmiak, das sogenannte Löthsalz (eine Verbindung des Chlorzinks mit Salmiak $Zn\,Cl, NH_4\,Cl$), Colophonium, Baumöl, eine weingeistige Lösung von Phosphorsäure 2c.; bei Hartloth: Borax, phosphorsaures Natron-Ammoniak, Wasserglas, gewöhnliches Glaspulver, bei gröberen Arbeiten auch Lehm und Hohofenschlacke;

c) die zu vereinigenden Flächen an der Löthstelle einander genähert sind, während das Loth schmilzt und die Fuge ausfüllt; durch eine breite Löthfuge wird ebensowohl das Aussehen als auch die Haltbarkeit des gelötheten Gegenstandes beeinträchtigt. Das Loth darf die Oberfläche des gelötheten Metalles nicht verunreinigen;

d) die Temperatur, welche zum Schmelzen des Lothes und zum Erhitzen der Metallflächen erforderlich ist, muß gehörig regulirt werden können, damit der zu löthende Gegenstand nicht der Gefahr des Schmelzens ausgesetzt sei; als Mittel zum Erhitzen beim Löthen dienen Holzkohlenfeuer, die frei brennende Flamme einer Weingeist- oder Gaslampe, eine durch ein Gebläse angeblasene Flamme (Löthrohrgebläse, Gasgebläse; siehe unten) und endlich der Löthkolben.

§. 348.

Weichlöthen.

Das Weichlöthen findet dann Anwendung, wenn die zu löthenden Gegenstände ganz oder zum Theil aus leicht schmelzbaren Metallen (Zinn, Zinnbleilegirung, Britanniametall, Weißblech) bestehen, oder die Anwendung stärkerer Hitze aus anderen Gründen nicht gestatten (z. B. mit Verzierungen versehene Gold-, Silber- und Bronzearbeiten), oder endlich, wenn

die Arbeitsstücke zu großer Dimensionen wegen nicht ein directes Einbringen in das Feuer erlauben.

Als Weichloth benutzt man 1) reines Zinn, meist nur zum Löthen von Gegenständen aus reinem Zinn, außerdem zum Löthen von Eisenblech, Eisendraht und Schmiedeeisen, Messing, Tombak, Zink angewendet; 2) gewöhnliches Schnellloth oder Zinnloth, aus Zinn und Blei bestehend, findet zum Löthen von Schmiedeeisen (aber nicht Gußeisen), Weißblech, Kupfer und Kupferlegirungen, Zink, Zinn und Blei Anwendung. Je nach den Verhältnissen, in welchen man Blei und Zinn zusammenschmilzt, läßt sich leichter oder schwerer schmelzbares Schnellloth darstellen. Das sogenannte schwache Schnellloth (1 Th. Blei und 2 Th. Zinn) schmilzt bei 171°, das starke Schnellloth (2 Th. Blei und 1 Th. Zinn) bei 252,5° und das Sicker- oder Sicherloth bei 180°. Bei der Herstellung dieser Legirungen wendet der Arbeiter weder reines Zinn, noch die Wage an, sondern schätzt einfach beim Zusammenschmelzen des Bleies und bleihaltigen Zinnes die Quantitäten der Metalle. Die Erfahrung hat ihn gelehrt, auf welche Weise er die Tauglichkeit der Legirungen für den speciellen Zweck mit ziemlicher Sicherheit erkennen kann. Nach Beseitigung der Oxydhaut, welche beim Schmelzen der Metalle auf der Oberfläche sich bildet, läßt er eine herausgenommene Probe rasch erkalten und beobachtet nun die Krystallisationserscheinungen (Blumen auf mattweißem Grunde), welche die Oberfläche zeigt. Fehlt dieses Kennzeichen oder tritt es nicht deutlich genug hervor, so wird der Masse Zinn zugesetzt. Mangelt es auf der anderen Seite an Blei, so sind auf der Oberfläche viele blasenförmige glänzende Erhöhungen zu bemerken; 3) Wismuthloth, aus 2 Th. gewöhnlichem Schnellloth und 1 Th. Wismuth bestehend, schmilzt leichter als das Schnellloth und findet zum Löthen dünner Gegenstände aus bleihaltigem Zinn Anwendung.

§. 349.

Die Erhitzung beim Weichlöthen findet gewöhnlich mittelst des Löthkolbens (fer à souder, soudoir, *copper-bit*, *soldering-iron*) statt, eines an einem eisernen Stiele befestigten, geschmiedeten Stück Kupfers, welches entweder einem Hammer ähnlich ist (Hammerkolben), so daß der Kolben quer am Stiele sich befindet und in eine Fläche endigt, mit der das Loth aufgenommen wird, oder eine kegelförmige Gestalt (Spitzkolben) hat, wobei die Axe des Stieles verlängert durch die abgerundete Spitze des Kolbens geht. Eiserne Löthkolben mit verstählten Bahnen kommen seltener vor. Der Löthkolben wird an der Lothbahn verzinnt, weil er sonst das Loth nicht annehmen würde. Beim Gebrauche wird der Löthkolben in Holzkohlenfeuer

bis über den Schmelzpunkt des Lothes erhitzt und dabei so gelegt, daß die Lothbahn nach oben gerichtet ist.

Nachdem die zusammenzulöthenden, vollkommen metallischen Flächen einander genähert sind, werden dieselben mit Colophoniumpulver bestreut und mit Hülfe des Löthkolbens verzinnt. Man bringt nämlich eine kleine Menge Schnellloth durch Berührung mit dem Löthkolben zum Schmelzen und vertheilt das Geschmolzene auf den Flächen gleichfalls mit dem Kolben. Darauf erwärmt man die Flächen zwischen glühenden Kohlen, paßt sie an einander, läßt von dem Lothe mit Hülfe des Kolbens ein wenig in die Fuge fließen und bewirkt die Vertheilung mit dem Löthkolben. Nach dem Erstarren wird das überschüssige Loth durch Kratzen oder Feilen entfernt.

Anstatt des Bestreuens der Löthstelle mit Colophoniumpulver kann man auch das Ueberstreichen mit Salmiak anwenden. Beim Löthen von Eisen benutzt man das sogenannte Salmiaköl (einen Brei von Salmiakpulver und fettem Oel), von Weißblech das Löthfett (eine Salbe aus gleichen Theilen Colophonium und Talg und $^1/_2$ Th. feinem Salmiakpulver bestehend), von Zink Salzsäure oder Chlorzink oder endlich das sogenannte Löthsalz (eine Verbindung von Chlorzink mit Salmiak, $Zn\,Cl + NH_4\,Cl$). Beim Löthen von Schwarzblech wendet man eine alkoholische Lösung von Phosphorsäure an, die man erhält, indem man Phosphor in bekannter Weise in Salpetersäure löst, die Flüssigkeit bis zur starken Syrupsconsistenz abdampft und je nach Bedarf mit 1 — 2 Volumen Alkohol von 80 % mischt; die Löthung ist eine vollkommen gute; sie nimmt, ohne Dämpfe zu verbreiten, Platz und läßt ohne nachfolgende Reinigung das Eisenblech so blank und rein, als ob es von jeder Berührung mit einer Säure frei geblieben wäre.

§. 350.

Das Weichlöthen findet auch in Fällen statt, wo eine schnelle Vereinigung von Stücken, häufig nur für vorübergehende Zwecke, zu bewerkstelligen ist. So findet z. B. das Weichlöthen auch dadurch vielfache Anwendung, daß man mehrere Stücke durch Schnellloth vereinigt und sie darauf entweder durch die Feile im Schraubstock oder auf der Drehbank auf einmal bearbeitet und dieselben nach der Vollendung durch Erwärmen wieder trennt, oder daß man Arbeitsstücke, welche abgedreht werden sollen, auf einem Futter der Drehbank auflöthet. Auf diese Weise lassen sich die verschiedenartigsten Gegenstände schnell und fest aufspannen, das Stück wird bei etwas sorgfältiger Behandlung rund umlaufen und jede Bearbeitung auf der Drehbank sowohl äußerlich wie von innen zulassen.

§. 351.

Hartlöthen.

Die Legirungen zu den harten Löthungen — das Hartloth — können sehr verschiedene Zusammensetzung und Beschaffenheit haben. Zum Löthen von Eisen, Kupfer und Kupferlegirungen (Messing, Tombak) dient das gewöhnliche Schlagloth (Messingschlagloth, *brass-solder*), aus Messing und Zink dargestellt; je zinkreicher das Schlagloth ist, desto leichter schmelzbar und weniger haltbar ist die Legirung. Das haltbarste Schlagloth enthält am wenigsten Zink. Zuweilen werden auch der Legirung kleine Mengen von Zinn zugesetzt.

Vier im österreichischen Handel sich findende Sorten Schlagloth ergaben bei der Analyse folgende Resultate:

	Gelbes leichtflüssiges.	Gelbes strengflüssiges.	Halbweißes.	Weißes.
Kupfer	45	55,1	44,0	56,7
Zink	55	43,1	49,9	27,6
Zinn	,,	1,3	3,3	14,4
Blei	,,	0,3	1,2	,,

Bei der Bereitung des Schlaglothes verfährt man am besten auf die Weise, daß man Messing und Zink jedes für sich in einem Tiegel schmilzt und dann das Zink unter heftigem Umrühren in das abgeschäumte Messing gießt.

Zum Löthen des Neusilbers dient eine Legirung von Neusilber mit Zink. Das Silberschlagloth, das zum Löthen und Zusammenfügen des Silbers und silberplattirter Geräthe dient, besteht aus Messing und Silber; zum Löthen von 15 oder 16 löthigem Silber dient ein aus 1 Th. Messing und 3 Th. Silber, zum Löthen von 13 löthigem Silber ein aus 1 Th. Messing und 2 Th. Silber bestehendes Loth. Ein Silberschnellloth verfertigt man aus 16 Th. zwölflöthigen Silbers und 3 Th. Zink, oder aus gleichen Theilen Feinsilber und Messing. Das Goldschlagloth oder Goldloth dient zum Löthen von Goldarbeiten, zuweilen auch von Stahlwaaren. Hartes (a) und weiches (b) Goldloth zu 18 karätigem Golde besteht aus

(a)	(b)
9 Th. Gold von 18 Karat	12 Th. Gold von 18 Karat
2 ,, Feinsilber	7 ,, Feinsilber
1 ,, Kupfer	3 ,, Kupfer.

Zu 14 karätigem Gold (c), zu Goldarbeiten, deren Gehalt geringer ist als 14 Karat (d), dienen folgende Legirungen:

(c)	(d)		
3 Th. Gold von 14 Karat	1 Th. Feingold	oder	10 Th. Gold von 14 Karat
2 „ Feinsilber	2 „ Feinsilber		5 „ Feinsilber
1 „ Kupfer	1 „ Kupfer		1 „ Zink.

Das Emaillirloth, welches zum Löthen von Gegenständen, die emaillirt werden, Anwendung findet, muß, da beim Aufbrennen des Emails eine hohe Temperatur nothwendig ist, äußerst strengflüssig sein, so kann es z. B. bestehen aus 16 Theilen Gold von 18 Karat, 3 Th. Feinsilber, 1 Th. Kupfer.

§. 352.

Das Erhitzen der Metalle beim Hartlöthen geschieht entweder im Kohlenfeuer oder in der durch ein Gebläse angefachten Gasflamme. Die Löthstelle muß gleichfalls vollkommen frei von Oxyd sein. Gewöhnlich wird Borax aufgetragen, welcher in der Hitze die Löthstelle gleichsam mit einer Glasur überzieht, und dadurch den Zutritt der Luft verhindert und außerdem das vielleicht vorhandene Metalloxyd auflöst, indem sich borsaures Metalloxyd-Natron (BO_3, $RO + BO_3$, NaO) bildet, und dadurch das Anhaften des Lothes erleichtert. Man wendet den Borax entweder als feines Pulver (Streuborax), welches aus der Streu- oder Boraxbüchse auf die zu löthende Stelle gestreut wird, oder mit dem gekörnten Loth und Wasser zu einem dicken Brei gemischt, an. Der Streuborax der Silberarbeiter wird zweckmäßig durch Zusammenschmelzen von 1 Aeq. Borax mit 1 Aeq. Chlorkalium dargestellt und hat die Formel $\left.\begin{matrix}KO\\NaO\end{matrix}\right\}$, $2\,BO_3$; schmilzt leichter als der gewöhnliche Borax und braucht, da er kein Oxyd aufzulösen hat, keine freie Borsäure zu enthalten. Die gelötheten Gegenstände werden, um den fest anhängenden Borax zu entfernen, durch Beizen mit verdünnter Schwefelsäure entfernt.

§. 353.

In den Werkstätten Englands und Belgiens, zum Theil auch in denen Deutschlands hat das Leuchtgas zum Löthen eine ausgedehnte Anwendung gefunden. Für kleine Löthungen wendet man eine einfache Gasflamme (aus einem Brenner mit einer einzigen Oeffnung bestehend) an, welche mit Hülfe des Löth- oder Blaserohres auf die Löthstelle hingetrieben wird. Man bedient sich dieses Verfahrens auch bei Zinnlöthungen. Zu größeren Hartlöthungen wie auf Neusilber, Silber ꝛc. dient ein Apparat, welcher im Principe mit dem vorstehenden Verfahren übereinstimmt, aber viel bequemer zu handhaben ist und zugleich die Möglichkeit darbietet, ausgedehnte Fugen

mit großer Schnelligkeit zu löthen. Am Ende eines langen Rohres aus vulkanisirtem Kautschuk, welches das Gas zuführt, befindet sich ein aus Kupferblech gefertigtes Mundstück von der Form eines Gießkannenkopfes und wie dieser auf seiner, 2 Zoll im Durchmesser haltenden Kreisfläche mit einer großen Anzahl kleiner Löcher versehen. Ein zum Treten eingerichteter Blasbalg mit Kautschukrohr und messingenem Mundstücke giebt den Luftstrom, der in die Gasflamme geleitet wird. Der große Vorzug dieser Löthart gegen das Löthen im Kohlenfeuer liegt auf der Hand; man erspart an Zeit, die Arbeit ist reinlich und leicht und läßt sich in jedem Arbeitszimmer ausführen; es läßt sich der Fortgang der Operation bequem und mit vollkommener Sicherheit beobachten und der Zeitpunkt erkennen, wo mit dem Erhitzen aufzuhören ist.

Der beschriebene Apparat leidet indessen an dem Uebelstand, daß die beiden Hände des Arbeiters mit dem Halten und Lenken der beiden Schläuche beschäftigt sind, wodurch der Arbeiter nicht aller wünschenswerthen Bequemlichkeit genießt, da er außerdem auch den Blasebalg zu treten hat. Man hat deshalb die Vorrichtung weiter verbessert dadurch, daß man die beiden Schläuche — den Gasschlauch und den Luftschlauch, in einem messingenen Mundrohre von einem halben Zoll Oeffnung vereinigte. An diesem Rohre wird das ausströmende Gemenge von Gas und Luft entzündet, während man das erstere in einer Hand hält und damit nach und nach über die Löthstelle fortfährt.

Bei der Fabrikation von Neusilberwaaren sucht man an Neusilber im Innern dicker und massiver Gegenstände möglichst zu sparen. Anstatt z. B. Ringe zu Glockenzügen aus Neusilber massiv zu gießen, prägt man sie aus Neusilberblech in zwei Hälften, füllt die hohle Rückseite eines jeden dieser Theile mit Messing aus, feilt dieselbe flach ab und löthet die Hälften an einander. Zu dem Einschmelzen des Messings wird gleichfalls der Gaslöthapparat gebraucht. Nachdem man nämlich das geprägte Blech auf todte Kohlen gelegt hat, bringt man Messingabschnitzel hinein, bestreut dieselben mit Borax und leitet die Gasflamme darauf, bis die Schmelzung erfolgt ist.

Auch von Elsner in Berlin sind zweckmäßige Gaslöthapparate construirt worden.

§. 354.

Schon vor längerer Zeit wurde das Knallgasgebläse (ein Gebläse mit einer Mischung von Wasserstoff und Sauerstoff oder Luft, oder besser eine durch einen Sauerstoffstrom angefachte Wasserstoffgasflamme) von Desbassayns de Richemont angewendet, um zwei Metallstücke ohne An-

wendung eines Lothes durch Schmelzung des Metalles an den zu vereinigenden Stellen zu verbinden. Der Erfolg ist ein so vortrefflicher, daß man die Vereinigungsstellen nicht zu erkennen vermag. Man nennt diese Löthung Löthung ohne Loth (Selbstlöthung, soudure autogène, *autogenous junction*); sie ist für die Technik von der größten Wichtigkeit, insofern durch diese Löthung ein Hinderniß entfernt wurde, welches der Entwickelung manchen Industriezweiges entgegenstand. Die Fabrikation der englischen Schwefelsäure, die Grundlage der chemischen Industrie, bedurfte Bleikammern und Abdampfpfannen aus Blei von enormen Dimensionen, die Stearinkerzenfabriken, die Alaun- und Vitriolsiedereien, die Affinirwerkstätten ꝛc. brauchen Bottiche und Krystallisirgefäße, Siede- und Füllgefäße, sämmtlich aus Blei, welches unter den wohlfeileren Metallen allein der Schwefelsäure, mit welcher man es hier zu thun hat, Widerstand zu leisten vermag. Gewöhnliches Zinn- oder Schnellloth war in dem vorliegenden Falle nicht anwendbar, da das Blei und das Loth verschiedene Ausdehnungscoefficienten besitzen, ein Umstand, der sich bei sehr hoher Temperatur störend bemerklich macht. Außerdem hatte das Löthen von Blei mit Zinnloth den Nachtheil, daß durch die Berührung verschiedenartiger Metalle bei Gegenwart einer saueren Flüssigkeit ein elektrischer Strom erregt wurde, der sich durch Zerfressen und Auflösen der Löthstelle zu erkennen gab. Nachdem durch die Anwendung der Löthung ohne Loth die erwähnten Uebelstände beseitigt sind, hat das Blei eine weit größere technische Wichtigkeit erlangt als früher.

§. 355.

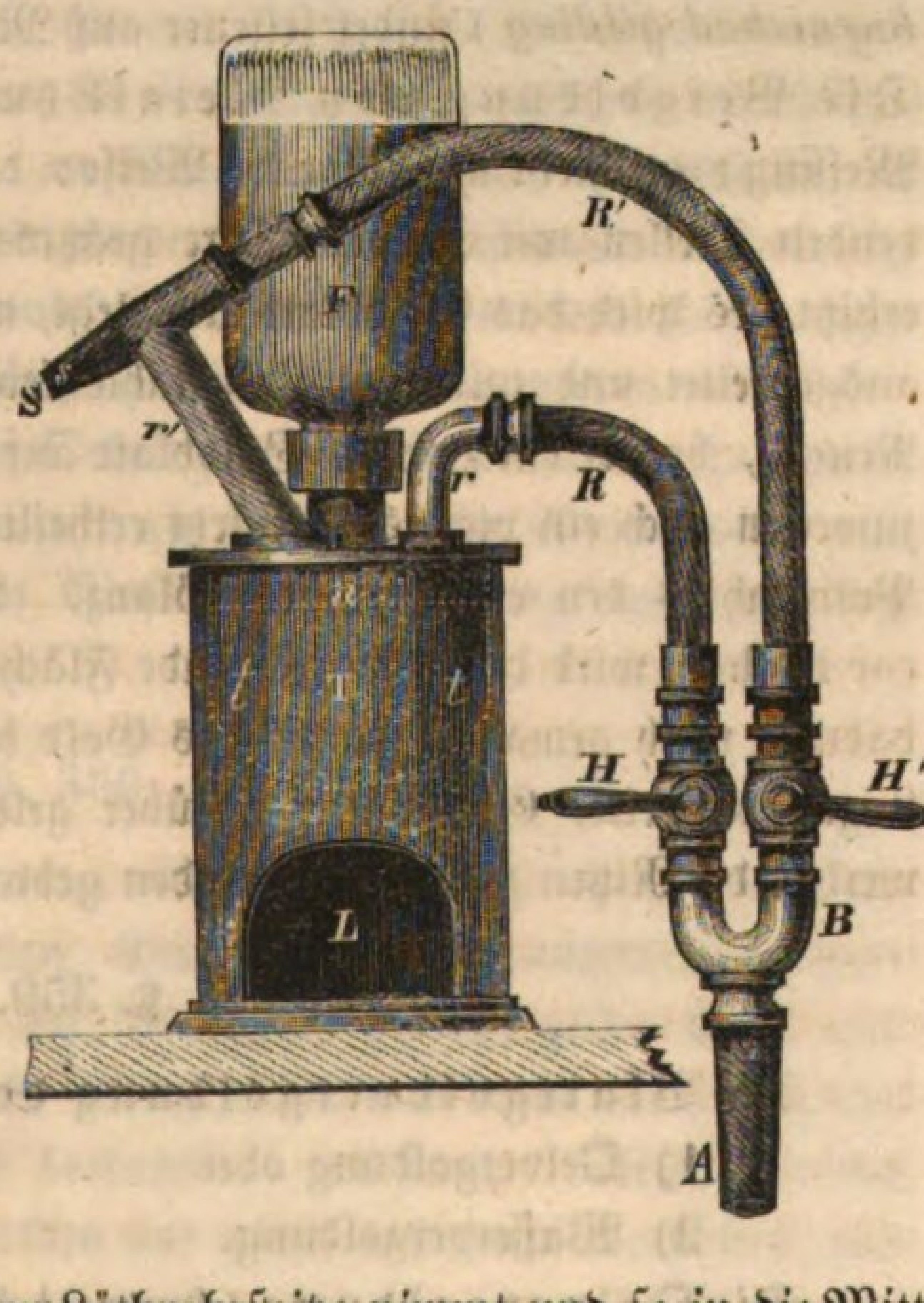
Der in Paris zum Löthen von Blei, Kupfer, Gold und Platin vielfach angewendete Wasserstoffgaslöthapparat hat eine Einrichtung, welche im Wesentlichen mit der der Wasserstoffzündmaschine (Feuerzeug von Döbereiner) übereinstimmt; nur ist der Apparat von Kupfer, welches inwendig, um die unmittelbare Berührung von Säure und Kupfer zu hindern, sorgfältig mit Blei ausgekleidet ist. Der untere Theil des Apparates enthält wie bei der Zündmaschine das Zink; bei geschlossenem Hahn enthält der obere Theil des Apparates die verdünnte Säure, welche nach dem Oeffnen des Hahns das Gas aus dem unteren Theile verdrängt und dadurch mit dem Zink in Berührung gebracht, von Neuem Wasserstoffgas entwickelt. Von dem Wasserstoffentwickelungsapparat geht ein Kautschukrohr aus, welches sich mit einem anderen, mit einem Blasbalg in Verbindung stehenden Rohre in einem Kniestücke von Messing vereinigt. An diesem Kniestücke befindet sich ein kurzes und enges Rohr, aus welchem man zuerst Wasserstoffgas austreten läßt und dieses entzündet; in diese Wasserstoffflamme wird mit Hülfe

des Blasebalges Luft eingeblasen. Die Hähne des Gas- und Luftrohres werden so gestellt, daß in gleicher Zeit 5 Volum Luft und 2 Volum Wasserstoff ausströmen. Wird z. B. der Flammenkegel auf die Kanten aufeinandergelegter und zu löthender Bleiplatten gerichtet, so schmelzen diese an den Kanten fast augenblicklich und vereinigen sich im Schmelzen. Die Arbeit wird dadurch noch erleichtert, daß der Arbeiter ein dünnes Bleistück zugleich vor die Flamme hält und schmilzt und das abschmelzende Blei auf die zu löthende Stelle fließen läßt. —

§. 356.

Anstatt des Wasserstoffgases wendet man zuweilen auch Dämpfe von Terpentinöl, Benzol und anderen Kohlenwasserstoffen an. Beistehende Zeichnung (Fig. 86) giebt eine Idee von einem solchen Terpentinölgebläse (chalumeau à vapeurs combustibles). In dem hohlen Metallcylinder T befindet sich ein kesselförmiges Gefäß t t mit Terpentinöl, welches letztere durch eine Lampe in L bis zur genügenden Dampfbildung erhitzt wird. Die Dämpfe treten, da ihr Entweichen durch r und R mittelst des geschlossenen Hahnes H verhindert wird, in die schiefe Röhre r′ und entweichen durch S. Wird der Hahn H ein wenig geöffnet, so tritt durch den Schlauch A eingeblasene Luft in den Raum n über dem Terpentinöle und befördert sowohl die Austreibung der Dämpfe aus diesem Raume, als auch die Bildung ihrer Flamme vor der Mündung S. Wird alsdann auch der Hahn H′ etwas geöffnet, so entsteht ein zweiter Luftstrom, der seinen Weg durch R′ nach der inneren Löthrohrspitze nimmt und so in die Mitte der Flamme gelangt, welche dadurch verlängert und zugespitzt wird. Durch die mit Terpentinöl angefüllte Sturzflasche F wird das Terpentinöl im Gefäß T in einem constanten Niveau erhalten. Die Verbrennung des Wasser-

Fig. 86.



stoffs und Kohlenstoffs des Terpentinöls erfolgt in der Flamme durch die Gebläseluft auf einem äußerst kleinen Raume, wodurch eine zum Schmelzen von Gold und Kupfer hinlänglich hohe Temperatur sich erzeugt. Um das Zurückschlagen der Flamme in den Kessel, überhaupt um eine Explosion unmöglich zu machen, enthält das Rohr r′ einige Stücke von dünnem Drahtnetz. Von Zeit zu Zeit wird der Kessel t t von den dort angesammelten Harztheilchen befreit.

Vergolden.

§. 357.

Die Vergoldung (dorure, *gilding*) ist entweder 1) Vergoldung mittelst Blattgold, 2) Feuervergoldung, 3) kalte Vergoldung, 4) nasse Vergoldung, 5) galvanische Vergoldung.

§. 358.

Vergoldung mit Blattgold.

Die Vergoldung mit Blattgold (dorure avec de l'or en feuilles, *burnished gilding*) findet seltener auf Metall, als auf Holz u. s. w. statt. Die Vergoldung von Metall (meist Stahl, sehr selten Kupfer und Messing) geschieht auf folgende Weise: das blanke und an den zu vergoldenden Stellen mit Salpetersäure geätzte Stück wird bis zum Blauanlaufen erhitzt; es wird das Goldblatt aufgelegt, mittelst eines Baumwollbäuschchens ausgebreitet und mit dem Polirstahle leicht überfahren. Man erhitzt von Neuem, breitet ein zweites Goldblatt auf dem ersten aus, dann ein drittes, zuweilen auch ein viertes. Zuletzt ertheilt man dem Ueberzug mit Hülfe des Polirstahles den erforderlichen Glanz. Bei der rauhen Vergoldung (or haché) wird die zu vergoldende Fläche mit einer Messerklinge geritzt und dadurch rauh gemacht, damit das Gold besser adhärire, und dann 10—12 Lagen doppelter Goldblätter darüber gelegt; durch die dickere Vergoldung werden die Ritzen zum Verschwinden gebracht.

§. 359.

Die Blattgoldvergoldung des Holzes &c. ist entweder

1) Oelvergoldung oder
2) Wasservergoldung.

Die Oelvergoldung (dorure à l'huile, *gilding in oil*) ist entweder matt oder glänzend; nach diesem Verfahren wird das Goldblatt auf dem zu vergoldenden Gegenstand mittelst Oel befestigt. Man verwendet dazu die sogenannte Goldfarbe (Goldleim, or-couleur, *gold size*), zu

welcher man den Rückstand der Oelfarben in den Gefäßen benutzt, worin die Maler ihre Pinsel reinigen; der Rückstand ist äußerst zähe und dient, nachdem er gut durchgerieben, als die Grundirung, auf welche man das Goldblatt legt. Der Rückstand wird selbst wieder auf eine erhärtete Malergrundirung (teinte dure, *priming*) aufgetragen.

Gegenwärtig führt man häufig die Oelvergoldung auf folgende Weise aus: Dem zu vergoldenden Gegenstande wird zuerst ein Grundüberzug aus einer innigen Mischung von Bleiweiß mit Leinölfirniß, zu der man etwas fettes (nicht trocknendes) Oel und sehr wenig Terpentinöl gesetzt hat, gegeben; darauf werden dem Grundüberzuge drei bis vier dünne Ueberzüge einer Mischung von Bleiweiß mit fettem Oel, welche in Folge von Bleipflasterbildung (ölsaurem Bleioxyd) sehr bald dick wird und deshalb mit Terpentinöl verdünnt werden muß, ertheilt. Dies bildet den schon erwähnten harten Grund (teinte dure), auf welchen die Goldfarbe oder der Goldleim mittelst eines weichen Pinsels aufgetragen wird. Ist die Goldfarbe so weit getrocknet, daß sie noch klebrig ist, so wird das Goldblatt aufgelegt und mit Baumwolle leicht angedrückt, wo es nöthig erscheint, wird die Ausbesserung mit kleinen Goldblattstückchen, die mit Hülfe eines Iltispinsels aufgelegt werden, vorgenommen. Wenn die vergoldeten Gegenstände der Witterung ausgesetzt werden wie z. B. an Gittern, Balkons, Statuen &c., so dürfen sie nicht mit Firniß überzogen werden, da eine gefirnißte Vergoldung in freier Luft durch vereinigte Einwirkung der Sonne und des Regens sehr bald rissig wird. Vergoldungen im Innern der Gebäude werden mit Weingeistfirniß überzogen. Die matte Oelvergoldung eignet sich vorzugsweise für Kuppeln, für äußere Verzierungen an Kirchen, für Gypsabgüsse und hält sich gleich gut, sie mag dem Einfluß der Witterung ausgesetzt sein oder nicht.

§. 360.

Die polirte Oelvergoldung (Glanzvergoldung, dorure à l'huile vernié polie), besonders bei Meublen, Kutschen u. s. w. angewendet, wird auf folgende Weise ausgeführt: 1 Th. Bleiweiß, $\frac{1}{2}$ Th. gelber Ocker und etwas Bleiglätte werden einzeln sehr fein gerieben und dann mit fettem Oel gemischt, welches man mit etwas Terpentinöl verdünnt. Dieses Gemisch bildet den ersten Grund, den man dünn und gleichmäßig auf die Arbeit aufträgt. Sobald dieser Ueberzug getrocknet ist, trägt man 10—12 Lagen des harten Grundes auf. Jeder Lage läßt man einen Tag Zeit zum Trocknen. Wenn alles vollkommen trocken ist, werden die flachen Theile mit Bimsstein und Wasser und dann noch das Ganze mit einem Stück Serge (ein Wollen-

zeug) und mit geschlämmtem Bimsstein und Wasser abgerieben, bis die Oberfläche gleich und glasähnlich geworden ist. Darauf werden 4—5 Lagen Lackfirniß mit einem Dachshaarpinsel an einem warmen Orte leicht aufgetragen. Nach dem Trocknen wird der Gegenstand mit Schachtelhalm geschliffen und dann mit Zinnasche und mit Wasser angefeuchtetem Tripel, mit einem Stück Serge polirt, bis er Glasglanz erlangt hat. An einem staubfreien, mäßig warmen Orte giebt man nun dem polirten Gegenstande einen äußerst dünnen Ueberzug von Goldfarbe. Man kann diese Lage nicht zu dünn auftragen, da eine nur wenig dickere Schicht die Vergoldung matt macht. Sobald die Goldfarbe klebrig geworden ist, beginnt das Vergolden. Um die größeren Flächen zu belegen, wird ein Blatt des Büchleins, in dem das Goldblatt liegt, aufgeschlagen, und der Rand des Goldblattes an die Oberfläche des zu vergoldenden Gegenstandes leicht angedrückt und das Gold so vom Blatte abgenommen und glatt und ohne Falten aufgelegt. Man nennt dieses Verfahren „Vergolden aus dem Buche." Die Goldblätter werden so neben einander gelegt, daß sie an den Rändern nur möglichst wenig übereinander liegen. Bei der Vergoldung kleiner und unebener Oberflächen, Schnitzwerk und dergl. wird das Gold mittelst Baumwolle oder eines Pinsels aufgetragen. Die Vergoldung wird mit einem weichen Pinsel oder einer Dachshaarbürste leicht übergangen, worauf man sie einige Tage lang erhärten läßt. Zuletzt überzieht man die Arbeit mit Goldlack und darauf mit weißem Copallack. Jede Lage läßt man etwa zwei Tage lang trocknen. Den höchsten Glanz giebt man der Vergoldung durch Poliren mit Tripel und feinstem Stärkemehl.

§. 361.

Die Wasservergoldung (Leimvergoldung, Glanzvergoldung, dorure en détrempe, *gilding in distemper, gilding on water size*) findet hauptsächlich bei der Vergoldung der Tapetenleisten, Spiegel- und Bilderrahmen u. s. w. statt. Die erste Arbeit besteht in dem Leimtränken (encollage); zu diesem Zwecke überzieht man das zu vergoldende Holz mit heißem Leimwasser, zu welchem man häufig etwas Wermuthertract oder auch eine Auflösung von einigen Granen Chinin gesetzt hat, um die Würmer von dem Holze abzuhalten. Die zweite Arbeit ist die Zubereitung des Kreidegrundes (apprêter de blanc); man giebt nämlich dem Holz eine so dicke Schicht eines Gemenges von Kreide und Leimwasser, daß das Holz nirgends mehr hervorscheint, und darauf 7—8 Lagen eines dickeren Gemisches von Leim und Kreide. Sobald der Kreidegrund getrocknet ist, wird er mit Schachtelhalm oder Bimsstein abgeschliffen und rein abgewischt. Schnitz-

werk verliert durch das Geben des Kreidegrundes in seinen feinen Theilen an Schärfe; es muß deshalb dem Schnitzwerke die vor der Grundirung gehabte Form durch das Repariren wiedergegeben werden. Der Kreidegrund wird hierauf mit einer Mischung von gelbem Ocker und Leimwasser überstrichen (jaunir), dieser gelbe Ueberzug nach dem Trocknen mit Schachtelhalm geschliffen und mit dem Wassergoldgrund oder Poliment (assiette, *gilding size*) versehen. Der Wassergoldgrund besteht aus rothem Bolus, englischem Roth, Graphit und etwas Olivenöl. Auf 2 Pfund Masse rechnet man einen Eßlöffel voll Oel. Bolus, Englischroth und Graphit werden für sich mit Wasser fein gerieben, nach dem Trocknen untereinandergemischt und mit dem Oel abgerieben. Das Pulver wird mit dünnem Pergamentleim gemischt mittelst eines Pinsels dreimal aufgetragen. Ein kalt aufgetragenes Poliment besteht aus Bolus, weißem Wachs, Seife und Eiweiß. Der Bolus wird als weiße Farbe deshalb gewählt, weil er die Eigenschaft hat, die Goldblätter beim Auftragen an sich zu ziehen.

§. 362.

Es folgt jetzt das Auftragen der Goldblätter. Zu diesem Zwecke breitet man ein Buch Goldblatt auf dem Goldkissen (einem länglich viereckigen, mit Baumwolle und Kalbsfell belegten Stück Holz) aus und feuchtet die zu vergoldende Stelle nach Maßgabe ihrer Größe mit Pinseln an; zum Anfeuchten nimmt man entweder mit Wasser verdünnten Weingeist oder auch nur Wasser, das im Sommer durch hineingeworfenes Eis abgekühlt werden muß. Wenn das Blatt aufgelegt ist, haucht man dasselbe an, staucht es mit dem Haarpinsel fest und nimmt mit diesem Pinsel zugleich das etwa angesammelte Wasser hinweg, damit das Poliment und der Kreidegrund nicht losweiche. Das hierauf folgende Poliren (brunir, *brunishing*) geschieht mit dem Polirstein (Polirzahn) aus Blutstein oder Achat. Wenn die Glanzvergoldung polirt ist, so müssen die übrigen Stellen durch Bestreichen mit dünnem Pergamentleim die Matte oder Mattung bekommen. Stellen, welche besonders hohe Goldfarbe, welche der der Feuervergoldung gleicht, zeigen sollen, erhalten die Helle (vermeil); zu dem Ende werden diese Stellen mit einer Flüssigkeit bepinselt, welche durch Kochen von Orlean, Gummigutt, Drachenblut und Safran in sehr verdünnter Sodalösung und Versetzen der durchgeseiheten Flüssigkeit mit etwas arabischem Gummi erhalten worden ist. Häufig wendet man als Helle auch einfach eine weingeistige Lösung von Drachenblut und Gummigutt an.

§. 363.

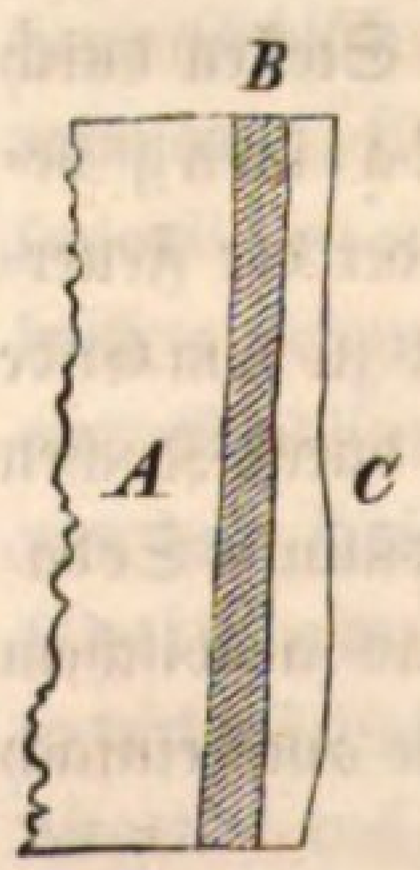
Bei der Herstellung der Goldleisten wendet man gegenwärtig anstatt der früher allein als dauerhaft erachteten ächten Vergoldung die weit billigere ächte Versilberung an, welche die nämlichen Dienste leistet, wenn der auf die Holzleisten aufgetragene Kreidegrund mit weißem Poliment (einem Gemenge von weißem Pfeifenthon mit schwachem Leimwasser) versehen, darauf das Blattsilber gelegt, geglättet und durch mehrmaliges sorgfältiges Bestreichen mit einem gelblichen Firniß überzogen wird. Man erhält auf diese Weise Leisten von beliebiger Goldfarbe und erreicht nebenbei noch den Vortheil, daß dieselben abgewaschen werden können, ohne daß der Ueberzug Schaden leidet.

§. 364.

Feuervergoldung.

Die Feuervergoldung oder Quecksilbervergoldung (dorure au feu) wird im Allgemeinen dadurch ausgeführt, daß man die zu vergoldenden Gegenstände mit einem Goldamalgam überstreicht und darauf das Quecksilber durch Erhitzen verflüchtigt, so daß das Gold in einer sehr dünnen Schicht auf der Oberfläche zurückbleibt. Das Gold liegt jedoch keineswegs als getrennte Lage auf dem darunter befindlichen Metalle; das Gold geht mit dem Metalle eine chemische Verbindung ein, genau so wie es bei dem Löthen (vergl. Seite 339) der Fall ist, und schmilzt oberflächlich mit demselben zusammen. Bringt man das Goldamalgam auf den zu vergoldenden Gegenstand A (Fig. 87), so bildet sich auf der Oberfläche B ein Amalgam aus Kupfer und Gold und äußerlich bei C findet sich nur reines Goldamalgam. Ist nun durch die Einwirkung der Rothglühhitze das Quecksilber verjagt worden, so besteht A aus Kupfer, B aus einer Legirung von Kupfer und Gold und C aus reinem Golde. Eine Goldschicht, welche bis zu einer gewissen Tiefe auf den metallenen Gegenstand durch die Legirung der beiden Metalle gelöthet ist, muß natürlich besser anhaften, als eine einfach aufgelegte Goldschicht. Daraus erklärt sich 1) die große Haltbarkeit der Feuervergoldung, 2) daß die Farbe der zu vergoldenden Legirung von Einfluß auf die Schönheit der Vergoldung ist und eine Legirung, die wie gewisse Bronzen, bereits eine dem Gold ähnliche Farbe besitzt, weniger Gold nöthig hat, als eine Legirung, bei welcher die Farbe von der des Goldes verschieden ist. Metalle,

Fig. 87.



welche wie Eisen mit dem Quecksilber unter gewöhnlichen Verhältnissen kein Amalgam zu bilden vermögen, können begreiflicherweise nicht mit Hülfe von Quecksilber vergoldet werden. In dem letzten Jahrzehnd ist die Feuervergoldung zum Theil durch die Vergoldung auf elektrochemischem Wege (eigentlich eine Art Vergoldung mit Blattgold) ersetzt worden, welche letztere einfach das Kupfer oder Silber mit einem Goldblättchen belegt, ohne daß sich irgend eine Legirung bildet; die elektrochemische Vergoldung läßt sich demnach als ein Anstrich betrachten, mit dem man ja auch nur die Oberfläche der Gegenstände überzieht. Wenn nun gleich die neuere Vergoldung nie die Haltbarkeit der Feuervergoldung erreichen kann, so hat doch auch die neue Vergoldung unbedingt den Vorzug, wenn die Vergoldung nicht zu Schmuckgegenständen, sondern zu Geräthschaften zum häuslichen Gebrauche und vorzüglich zu Gefäßen, die mit sauren Nahrungsmitteln in Berührung kommen, Anwendung finden soll. Wenn man einen vergoldeten Gegenstand, es sei derselbe mittelst Quecksilber oder mit Hülfe der Säule vergoldet, mit Salpetersäure behandelt, so löst sich das Metall auf und das Goldblättchen bleibt zurück. Bringt man nun das Goldblättchen von der Quecksilbervergoldung zwischen das Auge und das auffallende Licht, so erscheint es als ein Sieb mit unzähligen kleinen Löchern, was davon herrührt, daß das Quecksilber verdampfte und in Folge dessen eine unterbrochene Fläche zurückließ. Die durch die Säule niedergeschlagenen Goldblättchen sind dagegen zwar nicht absolut, aber doch hinreichend unterbrochen.

Die Feuervergoldung wird auf Bronze, auf Messing, Kupfer und Silber ausgeführt.

§. 365.

Die Bronzevergoldung (dorure sur bronze, *wash or water gilding*) wird auf folgende Weise ausgeführt. Das Gold muß möglichst rein sein und unter dem Hammer oder der Walze in dünne Blätter verwandelt werden, um die Einwirkung des Quecksilbers darauf zu befördern und die Verbindung beider zu beschleunigen. Man hat vorgeschlagen, aus Goldlösungen durch Eisenvitriol niedergeschlagenes fein zertheiltes Gold zum Auflösen in Quecksilber anzuwenden. Auch das Quecksilber muß vollkommen rein und frei von allen nicht flüchtigen Metallen sein.

Das abgewogene Feingold, welches im Quecksilber aufgelöst werden soll, wird in einem hessischen Tiegel bei Holzkohlenfeuer oder über der Gasgebläselampe bis zum beginnenden Rothglühen des Tiegels erhitzt und dann die erforderliche Menge Quecksilber hinzugebracht. Das Gemisch wird mit einem eisernen Haken umgerührt und nach einigen Minuten, wenn die Vereinigung

erfolgt ist, der Tiegel vom Feuer entfernt und das Goldamalgam in ein Gefäß mit kaltem Wasser gegossen. Hier wird es nun sorgfältig gewaschen und durch Drücken mit der Hand gegen die Wände des Gefäßes alles überschüssige Quecksilber daraus entfernt. Das zurückbleibende Amalgam ist von breiiger Consistenz und nimmt leicht Fingereindrücke an und behält sie. In der Regel nimmt man zur Bereitung des Goldamalgams auf 1 Th. Gold 6—8 Th. Quecksilber. Dasjenige Amalgam, welches durch Pressen durch sämischgares Leder von dem Ueberschusse des Quecksilbers befreit worden ist, besteht in 100 Th. aus

33,15 Quecksilber
66,85 Gold.

Das beim Auspressen des Amalgams sich absondernde Quecksilber enthält viel Gold aufgelöst und ist ein Goldamalgam mit großem Quecksilberüberschuß. Man bedient sich desselben entweder zur Bereitung von neuem Amalgam oder zu sehr leichten Vergoldungen. Damit die bei Bereitung des Goldamalgams sich entwickelnden Quecksilberdämpfe den Arbeiter nicht belästigen, nimmt man die Arbeit unter einem gut ziehenden Schlote vor.

§. 366.

Das Goldamalgam wird mittelst Salpetersäure, die etwas Quecksilber aufgelöst enthält, auf die Bronze aufgetragen. Man bereitet diese Flüssigkeit auf folgende Weise: Man bringt in einen Glaskolben 6 Loth reines Quecksilber und 7 Loth Salpetersäure von 36° Baumé und verdünnt die Flüssigkeit, nachdem alles Quecksilber gelöst ist, mit $5^1/_2$ Liter (oder Quart) Regenwasser oder destillirtem Wasser und bewahrt sie nach gehörigem Umschütteln als Quickwasser zum Gebrauche auf. Diese Auflösung wird übrigens nur zur Vergoldung der rohen Bronze angewendet; zur weiteren Vergoldung der schon einmal, aber nur schwach vergoldeten Bronze muß sie durch Zusatz von etwas Salpetersäure verschärft werden.

§. 367.

Nach diesen vorbereitenden Arbeiten wird zum Vergolden geschritten.

a) Das Abbrennen oder Gelbbrennen (dérochage, decapage, *pickling*) zerfällt in das Ausglühen und das Abbeizen. Zuerst wird das vom Dreher oder Eiselirer vollendete Stück ausgeglüht, man legt es zu diesem Zwecke auf brennende Holzkohlen und umgiebt es damit, vorzüglich gern auch mit Lohkuchen, damit es sich weniger oxydire. Sobald der zu vergoldende Gegenstand die Kirschrothgluth erreicht hat, wird er mittelst einer Zange aus dem Feuer entfernt und langsam an der Luft erkalten gelassen.

Obgleich die Gürtler der Ansicht sind, dieses Ausglühen diene blos zur Reinigung der Oberfläche und es hänge die schöne Farbe der Vergoldung nur von dieser mehr oder weniger gelungenen Reinigung ab, so hat dieses Ausglühen dennoch einen anderen Zweck. Indem während des Ausglühens ein Theil des auf der Oberfläche der Bronze enthaltenen Zinks in Gestalt von Oxyd ausgeschieden wird, entsteht auf der Bronze eine Schicht von fast reinem Kupfer, welches besser als die Kupfer-Zinklegirung das Amalgam annimmt und außerdem der Vergoldung eine schönere Goldfarbe ertheilt.

b) Nach dem Ausglühen muß die auf dem Gegenstand erzeugte Oxydschicht entfernt werden. Man taucht ihn zu dem Ende in sehr verdünnte Schwefelsäure und läßt ihn darin so lange, bis die Oxydlage aufgelöst oder wenigstens erweicht ist und reibt ihn dann mit einer rauhen Drahtbürste. Nach dem Abbürsten wird der Gegenstand getrocknet und abgebürstet. Die Oberfläche ist aber immer noch farbig angelaufen; man taucht ihn deshalb in Salpetersäure von 1,33 spec. Gewicht und bürstet ihn mit einem langhaarigen Pinsel. Dadurch wird das Metall zwar entblößt, aber um ihm eine vollkommen blanke Oberfläche zu ertheilen, zieht man ihn zuletzt durch ein Bad von Salpetersäure von 1,33 spec. Gewicht, zu dem man etwas Ruß und Chlornatrium gesetzt hat. Manche Gürtler wenden zum Beizen anstatt Salpetersäure Salzsäure oder verdünntes Königswasser an. Die Wahl der Säure ist jedenfalls gleichgültig, da durch das Beizen nur das Oxyd aufgelöst werden, das Metall selbst aber nicht angegriffen werden darf. In neuerer Zeit hat man eine Lösung von Chlorzink zum Abbeizen von Kupfer-Zinklegirungen empfohlen.

Nach dem Abbeizen wird das Stück sorgfältig mit vielem Wasser gewaschen und dann in Kleie oder Sägespänen gewälzt, um es völlig zu trocknen. Es muß jetzt völlig metallisch glänzend sein, eine schöne blaßgelbe Farbe besitzen und an der Oberfläche körnig oder etwas rauh erscheinen. Ist sie nämlich zu glatt, so würde das Gold nur schwer haften, ist sie dagegen zu rauh und rissig, so würde man zu viel Gold brauchen.

§. 368.

c) Das Auftragen des Amalgams. Ist der zu vergoldende Gegenstand so weit fertig, so wird das Amalgam aufgetragen, welches man in einen unglasirten Teller gebracht hat. Man taucht die Vergoldungskratzbürste (gratte-brosse, *scratch-brush*) oder einen aus Messingdraht gefertigten Pinsel in die erwähnte salpetersaure Quecksilberlösung und drückt sie dann in das Amalgam, von welchem eine gewisse Menge an der Bürste haften bleibt. Man breitet dasselbe sorgfältig auf dem zu vergoldenden

Gegenstande aus und taucht auch wohl, wenn nöthig, die Kratzbürste von Neuem in die Quecksilberlösung und dann wieder in das Amalgam, je nachdem die verschiedenen Theile des Stückes mehr oder weniger stark vergoldet werden sollen. Hierauf wäscht man das Stück mit vielem Wasser, läßt es trocknen und erhitzt es, um das Quecksilber zu verjagen. Ist die erste Goldschicht nicht stark genug, so wiederholt man das ganze Verfahren, bis die Vergoldung die erforderliche Dicke erreicht hat.

d) Verflüchtigung des Quecksilbers. Nachdem das Stück mit dem Amalgam überzogen ist, wird es auf glühende Kohlen gebracht und die Temperatur je nach dem Volumen und der Dicke des Stückes regulirt; der Arbeiter wendet es von Zeit zu Zeit um. Zuletzt nimmt er es mit einer langen Zange aus dem Feuer und in die linke Hand, welche durch einen wattirten Lederhandschuh vor der strahlenden Wärme geschützt ist, dreht es hier in allen Richtungen und reibt es mit einer langhaarigen Bürste, wodurch das Amalgam gleichmäßig verbreitet ist. Jetzt wird das Stück wieder in das Feuer gebracht und erhitzt, bis alles Quecksilber verflüchtigt ist, was man theils an dem Zischen eines darauf gebrachten Wassertropfens, theils an der Zeitdauer erkennt, die das Verflüchtigen des Quecksilbers stets erfordert. Der Arbeiter bessert die vielleicht fehlerhaft ausgefallenen Stellen aus und trägt Sorge dafür, daß das Quecksilber nur sehr langsam verdampft. Hat das Stück endlich seine vollkommene Vergoldung, so wird es sorgfältig mit verdünntem Essig gewaschen und mit der Kratzbürste behandelt. Zuletzt wäscht man es sorgfältig ab und trocknet es am Feuer.

Ist das Auftragen des Goldamalgams 2—3mal wiederholt, so nennt man den Gegenstand zweifach, dreifach vergoldet (doré à deux, à trois buis, *double, treble gilt*).

§. 369.

Sollen gewisse Partien des Stückes polirt, andere dagegen matt werden, so bedeckt man die zu polirenden Stellen mit einem Gemenge von Kreide, Zucker und etwas Gummischleim. Man nennt diese Operation das Aussparen (épargner). Ist dies geschehen, so läßt man das Stück trocknen und erhitzt es so weit, daß das etwa noch daran haftende Quecksilber vollständig verflüchtigt wird. Diesen Zeitpunkt erkennt man an der Farbe des Stückes und an der schwärzlichen Färbung, welche die Spardecke annimmt. Es wird noch warm in Wasser getaucht, das mit Schwefelsäure angesäuert ist, gewaschen, abgetrocknet und polirt.

Das Mattiren (donner le mat) geschieht, indem man 40 Th. Salpeter, 25 Th. Alaun und 35 Th. Kochsalz mit einander mengt und zusam-

menschmilzt, den zu mattirenden Gegenstand, nach Umständen mit Ausnahme der aufgesparten Stellen, mit dem geschmolzenen Gemenge überzieht und ihn darauf in kaltes Wasser taucht. Diese Operation gründet sich darauf, daß das schmelzende Salzgemenge Chlorgas entwickelt, welches den Goldüberzug anäzt und dadurch matt macht. Der Alaun giebt nämlich in der Schmelzhitze Schwefelsäure ab, welche aus dem Salpeter Salpetersäure und aus dem Kochsalz Salzsäure austreibt. Salpetersäure und Salzsäure bilden nun bei ihrer Reaction, eben so wie im Königswasser neben Untersalpetersäure und Wasser, freies Chlor:

$$NO_5 + Cl\,H = NO_4 + HO + Cl.$$

Die Politur giebt man mit Hülfe eines glatt geschliffenen und gefaßten Blutsteines, der Arbeiter taucht den Polirstein in verdünnten Essig und reibt damit die Vergoldung immer in derselben Richtung rück- und vorwärts, bis sie schöne Politur und vollkommenen Metallglanz angenommen hat, darauf wäscht man sie in kaltem Wasser, trocknet sie mit feiner Leinwand ab und erwärmt den Gegenstand zulezt über einem schwachen Kohlenfeuer.

§. 370.

Soll die vergoldete Bronze das Aussehen von Malergold (or en coquilles ou or moulu) haben, so bürstet man es mit der Krazbürste etwas weniger als gewöhnlich, erhizt das Stück weit stärker, als wenn man es matt haben wollte, und läßt es dann etwas erkalten. Dann trägt man die Malergoldfarbe (couleur d'or moulu), ein Gemenge aus Eisenoxyd, Alaun, Kochsalz mit Essig, mittelst eines Pinsels auf, spart jedoch die Stellen, welche polirt werden sollen, aus; darauf erhizt man das Stück über Kohlen, bis die aufgetragene Farbe schwarz zu werden beginnt und darauf gesprizte Wasser mit Zischen verdampft. Man taucht es nun in kaltes Wasser, wäscht es ab und sucht die orangegelbe Vergoldung möglichst gleichförmig zu vertheilen dadurch, daß man das Stück, wenn seine Oberfläche glatt ist, mittelst eines in Essig getauchten Pinsels, wenn es dagegen gravirt oder mit erhabener Arbeit verziert ist, mit verdünnter Salpetersäure überbürstet. In beiden Fällen wäscht man das Stück zulezt mit vielem Wasser und läßt es über schwachem Kohlenfeuer trocknen.

§. 371.

Um dem vergoldeten Gegenstande die röthliche Färbung der Kupferkaratirung, die sogenannte rothe Vergoldung (couleur d'or rouge, *colouring*) zu ertheilen, wird das Verfahren bei der Feuervergoldung etwas abgeändert. Es wird nämlich das Stück mit Glühwachs (Vergolderwachs,

cire à dorer, *gilder's wax*) gefärbt. Zu diesem Zwecke taucht man die Bronze nach dem Verdampfen des Quecksilbers noch warm in das Glühwachs, bringt es dann über Kohlenfeuer, erhitzt es stark und befördert das Abbrennen des Wachses dadurch, daß man einige Tropfen der Mischung auf glühende Kohlen fallen läßt. Sobald das Glühwachs abgebrannt ist, taucht man das Stück in Wasser, wäscht und bearbeitet es mit der in Essig oder verdünnte Salpetersäure getauchten Kratzbürste. Ist die Farbe noch nicht hinreichend schön und gleichförmig, so bestreicht man die Vergoldung mit einem Brei von Grünspan und Wasser, läßt diesen über gelindem Feuer trocknen, taucht das Stück in Wasser und bürstet es dann wieder mit der sauren Flüssigkeit. Zuletzt wäscht man das Stück, polirt es, wäscht es von Neuem, trocknet es mit einem leinenen Tuche ab und läßt es über gelindem Feuer trocknen.

Das Glühwachs besteht aus einem innigen Gemisch von gelbem Wachs mit fein gepulvertem Grünspan, zu welchem man in der Regel etwas Bolus, gebrannten Alaun oder gebrannten Borar setzt. Eine sehr häufig angewendete Mischung besteht z. B.

aus	16	Loth	gelbem Wachs,
	6	,,	Bolus,
	6	,,	Grünspan,
	4	,,	gebranntem Borar;
oder aus	16	,,	gelbem Wachs,
	12	,,	Röthel,
	2	,,	Grünspan,
	2	,,	Kupferasche,
	2	,,	gebranntem Alaun.

Die Theorie der Anwendung des Glühwachses ist folgende: Durch den Grünspan (essigsaures Kupferoryd) wird auf der Oberfläche des vergoldeten Gegenstandes eine wirkliche rothe Karatirung (eine Legirung von Gold und Kupfer, siehe Seite 220) erzeugt, dies wird erreicht 1) dadurch, daß sich aus dem schmelzenden Gemenge auf das Zink der Bronze Kupfer metallisch niederschlägt, 2) daß unter Mitwirkung der Producte der trocknen Destillation des Wachses und der Essigsäure (Kohlenwasserstoffe, fein zertheilte Kohle) das Kupferoryd des Grünspans zu Kupfer reducirt wird, welches sich eben so wie das auf dem Zink niedergeschlagene Kupfer mit dem Golde zu der röthlichen Goldlegirung verbindet. Die übrigen Stoffe dienen nur zur Verdünnung der wirksamen Bestandtheile, obgleich einige Vergolder die Beobachtung gemacht haben wollen, daß ein alaunhaltiges Glühwachs eine hellere Farbe gebe als ein mit Borar dargestelltes. Möglich daher, daß sich bei der Anwendung von alaunhaltigem Glühwachs eine Aluminium-Goldlegirung

erzeugt. Mit indifferentem Pulver (z. B. Porcellanerde) gemischte Kupferseife (stearin-, palmitin- oder ölsaures Kupferoxyd) möchte wohl das Glühwachs vollständig zu ersetzen geeignet sein.

§. 372.

Will man der Vergoldung eine vielmehr **gelbere** Farbe ertheilen, so wendet man anstatt des gewöhnlichen das **gelbe Glühwachs**, ein Gemisch von gelbem Wachse, gelbem Ocker, Zinkvitriol (schwefelsaurem Zinkoxyd) und gebranntem Borax oder Alaun, an. In diesem Falle bildet sich eine Zink-Goldlegirung. Um die Farbe des grünen Goldes zu erhöhen, wendet man die **grüne Goldfarbe** (couleur d'or vert), ein Gemenge von

6 Loth Salpeter,
2 „ Eisenvitriol,
1 „ Zinkvitriol,
1 „ Alaun,

an; soll die Farbe ein wenig röthlich ausfallen, so setzt man etwas Kupfervitriol hinzu. Beim Gebrauche wird die Mischung in Wasser aufgelöst. Entweder trägt man die Flüssigkeit mittelst eines Pinsels auf die vergoldete Fläche auf, oder man taucht die Stücke in dieselbe. Man erhitzt sie dann, bis die Mischung schwarz wird, worauf man sie in Wasser oder Essig ablöscht.

Bei der Feuervergoldung der Bronze kann die Dicke der Goldschicht auf $^1/_{119/000}$ bis $^1/_{20/000}$ Zoll geschätzt werden.

Um von alter vergoldeter Bronze oder von verdorbenen Stücken das Gold abzulösen, wenden die Arbeiter die Operation des **Absprengens** an. Zu diesem Zwecke wird ein Gemisch von Schwefel, Salmiak und Essig auf das vergoldete Stück aufgetragen, letzteres bis zum Rothglühen erhitzt und in verdünnter Schwefelsäure abgelöscht und darin einige Stunden lang liegen gelassen; die schieferige Rinde, aus Schwefelkupfer und Gold bestehend, wird abgekratzt und auf Gold verarbeitet. Man erreicht auch den Zweck, wenn das Stück einige Stunden bei Luftzutritt geglüht und darauf in verdünnter Schwefelsäure abgebeizt wird, wobei goldhaltiges Kupferoxyd sich abblättert.

Weit zweckmäßiger möchte es sein, das vergoldete Stück bis zum Rothglühen zu erhitzen und dann mit einem Gemenge aus gleichen Gewichtstheilen calcinirter Soda und Schwefel zu bestreuen, so daß Gold-Natriumsulfid ($Au\,S_3$, $Na\,S$) sich bildet, das sich in heißem Wasser leicht löst und durch verdünnte Schwefelsäure unter Abscheidung von Gold zersetzt wird. Bei sehr dünner Vergoldung kann das Gold auch durch einfache Digestion des ver-

goldeten Stückes mit einer Lösung von Kalischwefelleber oder mit Ammoniumsulfhydrat (sogen. Schwefelammonium NH_4 S, SH) entfernt werden.

§. 373.

Bei der Feuervergoldung des Messings, Kupfers und Silbers verfährt man eben so wie bei der Vergoldung der Bronze. Kupfer nimmt weniger leicht das Amalgam an, als die Bronze, erfordert auch eine größere Menge Gold. Bei der Vergoldung von Silber läßt man die Anwendung der Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxydul weg, weil das Silber an und für sich schon äußerst leicht das Amalgam annimmt. Messing wird vor dem Vergolden gelbgebrannt, Kupfer mit verdünnter Schwefelsäure, Silber mit Salpetersäure abgebeizt. Vergoldete Silbergegenstände führen den Namen Vermeil.

Soll auf Eisen oder Stahl die Feuervergoldung Anwendung finden, so wird das Eisen, das für sich das Amalgam nicht annimmt, vorher auf nassem Wege verkupfert, worauf es auf die gewöhnliche Weise mit dem Goldamalgam vergoldet werden kann.

§. 374.

Färben des Goldes. Die aus Bijouteriegold gefertigten Gegenstände oder auch die durch die Feuervergoldung vergoldete Bronze zeigen nach dem Poliren häufig eine Farbe, welche von der des reinen Goldes verschieden ist; sie erscheinen röthlichweiß oder blaßgelb. Um diesen Legirungen nun die hochgoldgelbe Farbe des Goldes zu ertheilen, pflegt man sie durch Kochen in einer Flüssigkeit (Goldfarbe, couleur à bijoux, *gold-colour*) zu färben. Es existirt eine große Anzahl von Vorschriften zur Herstellung der Goldfarbe; das Wesentliche davon ist immer Salpeter und Kochsalz, so wie ein Salz, welches wie Alaun und schwefelsaures Eisenoxyd schwache Basen enthält und deshalb durch die in ihnen enthaltene Schwefelsäure die gegenseitige Entmischung des Salpeters und des Kochsalzes und das Freiwerden von Chlor, worauf es allein ankommt, bewirkt. Ein häufig angewendetes Verfahren besteht darin, daß man 1 Pfund einer Mischung aus

2 Th. Salpeter,
1 „ Kochsalz,
1 „ Alaun

in 5 Loth Regenwasser schmelzen läßt, darauf $1^1/_2$ Loth Salzsäure von 1,16 spec. Gewicht zusetzt, in die Mischung die zu färbenden Gegenstände taucht, darin drei Minuten lang verweilen läßt und gut umrührt. Darauf nimmt man sie heraus, spült sie mit Wasser ab und bringt sie von Neuem

in die Farbe. Man wiederholt das Abspülen von Minute zu Minute und fährt in gewöhnlicher Weise fort. Man kann nach diesem Verfahren eine große Menge von Gegenständen auf einmal färben, indem man sie am zweckmäßigsten an einem Platindrahte aufreiht.

Der Zweck des Färbens ist, durch das sich entwickelnde Chlor einen Theil des in der Legirung enthaltenen Kupfers und Silbers und auch einen kleinen Theil des Goldes aufzulösen und letzteres sodann als ein dünnes Häutchen reinen Goldes auf der Oberfläche wieder abzusetzen.

§. 375.

Da es sich bei dem Färben nur darum handelt, die Oberfläche des Metalles anzugreifen und diese goldreicher zu machen, so könnte man sich dazu auch des hinreichend verdünnten Königswassers bedienen. Da aber die Gegenstände vollkommen rein aus der Farbe kommen müssen, ohne daß es nothwendig wird, sie zu bürsten, damit denselben nach Belieben die matte Oberfläche gelassen werden kann, das Königswasser aber sie mit einer dünnen und fest anliegenden Schicht von Chlorsilber bedeckt, so würde man diese nicht entfernen können, ohne die Oberfläche zu verletzen. Das Kochsalz, welches immer im Ueberschusse in der Goldfarbe enthalten ist, hat neben der Bestimmung, das zum Auflösen der Metalle nöthige Chlor zu liefern, auch noch die Aufgabe, ungefähr so wie bei der Silberextraction nach Augustin (vergl. Seite 168) das auf der Oberfläche befindliche Chlorsilber zu lösen. Schwefelsäure, in geeignetem Verhältnisse zu Kochsalz und Salpeter gemischt, würde sicher zum Färben des Goldes vollkommen brauchbar sein, ohne sein Aussehen zu beeinträchtigen oder es mit Chlorsilber zu bedecken; die Einwirkung würde aber eine zu heftige sein, man würde ihre Anwendung zu sorgfältig überwachen müssen, um diese oder jene beliebige Farbe zu erhalten und das Minimum des Verlustes nicht zu überschreiten. Alle diese Uebelstände vermeidet man durch die Anwendung von Kochsalz, Salpeter und Alaun und es verdient gewiß Beachtung, daß man auf empirischem Wege dahin gelangt ist, ein in Zusammensetzung und Wirkung complicirtes Verfahren zu entdecken, das bis jetzt durch kein anderes, einfacheres ersetzt werden konnte, und von dessen Wirkungsweise man sich erst spät Rechenschaft zu geben im Stande war. Die Goldfarbe nimmt kleine Mengen von Gold auf, welche man aus der verdünnten Farbe durch Eisenvitriol metallisch niederschlägt und dadurch wieder gewinnt.

§. 376.

Der Zweck des Färbens kann eben so gut durch eine schwache galvanische Vergoldung erreicht werden. In der That wird auch bereits seit fast

30 Jahren hin und wieder ein eigenthümliches Goldfärbeverfahren angewendet, das auf das Princip der Vergoldung auf galvanischem Wege zurückzuführen ist. Nach der Methode von Castellani wendet man zum Vergolden eine Flüssigkeit an, die entweder besteht aus

	Goldchlorid	1 Th.
	concentr. Salzsäure	10 „
	englisch. Schwefelsäure	4 „
	krystallis. Borsäure	2 „
	destill. Wasser	150 „
oder aus	Goldchlorid	1 „
	concentr. und saurer Lösung von Chloraluminium	13 „
	krystall. schwefelsaur. Natron	4 „
	krystall. Borsäure	3 „
	destill. Wasser	150 „

Man erhitzt die Flüssigkeit in einem Porcellangefäße bis zum Sieden und hängt dann die zu vergoldenden Gegenstände an einem Golddrahte in die Flüssigkeit. Nach Verlauf einiger Minuten bringt man einen Kupferdraht hinein, welcher die Stücke berühren muß, um mit dem Metall derselben eine schwache Säule zu bilden; der Draht bleibt so lange in der Flüssigkeit, bis das Gold eine dunkle Farbe angenommen hat. Dann entfernt man den Draht und läßt die Gegenstände in der Flüssigkeit, bis sie die reine Goldfarbe angenommen haben. Man bringt sie darauf in lauwarmes, mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser, um etwa mitgefällte Spuren von Kupferoxyd aufzulösen, wäscht sie dann in reinem Wasser ab, trocknet sie durch Abreiben mit feiner Leinwand und zuletzt über schwachem Kohlenfeuer.

§. 377.

Kalte Vergoldung.

Die kalte Vergoldung oder die Vergoldung durch Anreiben (dorure à froid, *cold gilding*) findet hauptsächlich auf Kupfer, Messing, Neusilber und Silber, namentlich auf letzteres Anwendung. Sie ist weniger haltbar als die Feuervergoldung oder galvanische Vergoldung, besitzt dagegen eine reine Goldfarbe. Seit der Einführung der galvanischen Vergoldung findet die kalte Vergoldung nur noch selten und immer neben der galvanischen Vergoldung Anwendung, um z. B. bei galvanisch vergoldeten Gegenständen einzelne Theile nachträglich zu vergolden.

Man löst entweder Feingold oder auch, wenn man eine mehr röthliche Goldfarbe beabsichtigt, 6 Th. Feingold und 1 Th. Kupfer in Königswasser auf, benetzt mit der Flüssigkeit Baumwoll- oder Leinwandläppchen, trocknet und verbrennt sie zu Zunder. Der Rückstand ist von purpurschwarzer Farbe

und enthält das Gold oder im Fall Gold und Kupfer aufgelöst wurden, rothe Karatirung in höchst fein zertheilter Gestalt (or en chiffons, or en drapeaux). Um mit diesem Goldzunder zu vergolden, tupft man mit einem in Salzwasser oder in Essig getauchten, schwach verkohlten Korkpfropfen in den Zunder und reibt mit dem Korke die vorher gereinigte, zu vergoldende Metallfläche. Darauf wird letztere polirt.

§. 378.

Nasse Vergoldung.

Die nasse Vergoldung (dorure à voie humide) geht mittelst Goldauflösungen vor sich; man unterscheidet den Goldsud und die Anwendung einer Lösung von Goldchlorid in Aether.

Der Goldsud wird auf folgende Weise ausgeführt: Man löst 2 Loth Feingold in der erforderlichen Menge Königswasser und vermischt die Goldchloridlösung mit einer Auflösung von 2 Pfund zweifach kohlensaurem Kali in 2 Liter destill. Wasser, erhitzt die Flüssigkeit, welche goldsaures Kali (aurate de potasse AuO_3, KO) enthält, in einem emaillirten gußeisernen Geschirr bis zum Sieden und taucht die zu vergoldenden, vorher gereinigten Gegenstände an blanke Kupferdrähte gehängt hinein, läßt sie längstens eine Minute lang darin, spült sie ab und trocknet sie in Sägespänen. Bringt man die so vergoldeten Stücke in Quickwasser (vergl. Seite 354), bis sie eine weiße Farbe angenommen haben, so werden sie nach Verflüchtigung des Quecksilbers weiß und lassen sich dann nach Art der Feuervergoldung hochgelb färben. Die Vergoldung fällt grün aus, wenn man der fertigen Vergoldungsflüssigkeit eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd zusetzt. Zweckmäßiger möchte die Vergoldungsflüssigkeit darzustellen sein, wenn man die Lösung des Goldes in Königswasser, nachdem sie durch Abdampfen bis zur Syrupsconsistenz von dem größten Theile der überschüssigen Säure befreit worden ist, mit kohlensaurer Magnesia fällt, aus dem aus goldsaurer Magnesia bestehenden Niederschlage die Magnesia durch Auflösen in verdünnter Salpetersäure entzieht und die zurückbleibende Goldsäure in einer Lösung von zweifach kohlensaurem Kali oder Natron auflöst.

Man führt diese Vergoldung aus auf Bronze, Messing, Kupfer, Zinn, Zink und Silber, auch zuweilen auf Eisen und Stahl; letztere Metalle werden vorher mit Kupfervitriollösung verkupfert.

Die durch den Goldsud hervorgebrachte Vergoldung ist äußerst dünn; die Schnelligkeit des Verfahrens und die Leichtigkeit der Ausführung überhaupt hat vor der Einführung der Vergoldung auf galvanischem Wege dem

Goldsude eine ausgedehnte Anwendung zur Vergoldung von ordinäreren Bijouteriegegenständen verschafft.

Nach Karmarsch hatte sich auf 1 Wien. Quadratfuß Tombak eine Quantität von 0,273 — 0,422 Gran Gold abgesetzt, was auf eine Dicke der Goldschicht von $^1/_{187/000}$ — $^1/_{119/000}$ schließen läßt.

§. 379.

Als Bad zum Vergolden durch bloßes Eintauchen empfehlen Roseleur und Lavaur eine Auflösung von Goldchlorid oder Goldoxyd in einem pyrophosphorsauren Alkali. Die Gegenstände sollen sich fast augenblicklich vergolden, während in einem ähnlichen Bade aus dreibasisch phosphorsaurem Natron gar keine Vergoldung erfolgt.

Um Nadeln, Dolche, Klingen, Ziehfedern ꝛc. vor dem Rosten zu bewahren und zu verzieren, werden dieselben ganz oder zum Theil mittelst einer ätherischen Lösung von Goldchlorid vergoldet. Man löst möglichst säurefreies Goldchlorid in der kleinsten Menge Wasser und setzt zu der Flüssigkeit 3—4 Volumen Aether. Man läßt beide Flüssigkeiten unter öfterem Umschütteln so lange stehen, bis der obenauf schwimmende Aether alles Goldchlorid aufgenommen und die untere wässerige Schicht farblos geworden ist. Die ätherische Lösung wird mittelst einer Pipette abgehoben und zum Vergolden des Stahls angewendet. Der Stahl wird zu diesem Behufe fein polirt, in die ätherische Lösung eine Sekunde lang eingetaucht, darauf in Wasser abgespült, mit Fließpapier abgetrocknet und gelinde erwärmt. Die Aethervergoldung ist wenig dauerhaft.

§. 380.

Die sogenannte Contactvergoldung, von Frankenstein in Gratz im Jahre 1842 in die Industrie eingeführt, ist in der That galvanische Vergoldung, jedoch ohne galvanische Säule oder Batterie, sondern nur in Folge eines elektrischen Stromes, der bei der Berührung des zu vergoldenden Metalles mit einem Stück Zink sich entwickelt. Die zur Contactvergoldung angewendete Goldlösung wird auf folgende Weise dargestellt:

1 Th. trocknes Goldchlorid
5 „ gelbes Blutlaugensalz
5 „ Kochsalz

werden in einer Porcellanschale mit 50 Th. Wasser bis zur vollständigen Auflösung gekocht. Anstatt des Blutlaugensalzes kann man auch kohlensaures Kali anwenden und die Vergoldung soll mehr hochgelb ausfallen.

Um mit der Flüssigkeit zu vergolden, wird dieselbe bis zum Sieden erhitzt, der sorgfältig gereinigte Gegenstand so hineingehängt, daß er von der Flüssigkeit bedeckt ist, und der Gegenstand mit einem Streifen Zinkblech berührt. Nach 2—3 Minuten ist gewöhnlich die Vergoldung vor sich gegangen. Das Stück wird mit Wasser abgespült und getrocknet. Um der Fläche Glanz zu geben, wird sie mit befeuchtetem Weinsteinpulver gebürstet oder mittelst Blutstein polirt.

Die Dicke der Goldschicht ist von der Dauer des Eintauchens und von der Temperatur abhängig. v. Fehling in Stuttgart fand, daß mit der nämlichen Flüssigkeit und in einer Minute auf 50 Quadratcentim. Kupferblechfläche niedergeschlagen wurden

bei	100° C. (siedend)	0,006	Gramm Gold
„	80° „	0,0036	„ „
„	60° „	0,00125	„ „
„	40° „	0,0010	„ „
„	15° „	0,0005	„ „

Kupfer, Messing, Rothmetall, Neusilber und Silber können mittelst der Contactvergoldung mit einer dauerhaften und schönen Vergoldung versehen werden.

§. 381.

Die galvanische Vergoldung (dorure galvanique) hat in den letzten fünfzehn Jahren wegen ihrer bequemen Ausführbarkeit und Wohlfeilheit eine außerordentliche Verbreitung erlangt. Obgleich Brugnatelli bereits im Jahre 1803, kurze Zeit nach der Erfindung der galvanischen Säule, mit Hülfe der strömenden Elektricität vergoldete, wozu er sich einer Lösung von Knallgold bediente, so war es doch zuerst nach dem Bekanntwerden der Galvanoplastik (vergl. Seite 272) De la Rive und fast zu gleicher Zeit Böttger, welche passende Vergoldungsflüssigkeit und ein geeignetes Verfahren zu einer dauerhaften Vergoldung ermittelten. Später wurde die galvanische Vergoldung von Elkington und Ruolz (1841), Elsner, Kaiser, Alexander (1842) u. A. verbessert. Gegenstände aus Kupfer und Kupferlegirungen sollen durch die galvanische Vergoldung entweder nur ein gefälligeres Ansehen erhalten oder als Nachahmung von goldenen Gefäßen dienen, wozu eine dünne Goldschicht genügt, oder es soll diesem Ueberzuge eine solche Dicke gegeben werden, daß dadurch eine matte Vergoldung zum Vorschein kommt. Die Oberfläche des zu vergoldenden Gegenstandes muß vollkommen rein und in Schliff und Politur so weit vollendet sein, daß der Goldüberzug nur einer Färbung gleicht, durch welche die

Beschaffenheit der Oberfläche hindurch wirkt. Diejenigen Stellen der Oberfläche, die keine Vergoldung erhalten sollen, werden mit Asphaltfirniß überzogen. Man wendet zu der galvanischen Vergoldung stets eine Batterie, oder auch bei kleinen Gegenständen einen magneto-elektrischen Rotationsapparat an. Da der Vergoldungsproceß nur einige Minuten währt, so wird die Anode (vergl. Seite 273) nicht eingehängt, sondern in der Auflösung hin- und herbewegt, damit alle Theile gleichmäßig vergoldet werden. Noch zweckmäßiger ist es, anstatt der Platinanoden Goldblech anzuwenden, welches nach und nach aufgelöst wird, wodurch der Goldgehalt der Vergoldungsflüssigkeit constant bleibt. Die Vergoldungsflüssigkeit stellt man am besten nach folgender Vorschrift dar: Eine hellgelbe Farbe der Vergoldung erhält man mit Hülfe einer Auflösung von Cyangold in Cyankalium. Man löst 1 Loth Cyankalium in 1 Liter kaltem Wasser in einem Glas- oder Porcellangefäße und setzt darauf unter Umrühren die Lösung von 1 Dukaten zu. Der sich anfänglich bildende gelbbraune Niederschlag löst sich beim Umrühren der Flüssigkeit wieder auf; ist dies nicht der Fall, so muß man kleine Mengen von Cyankalium zusetzen, bis eine fast klare, hellgelbe Flüssigkeit entstanden ist, welche man bis zum Sieden erhitzt, erkalten läßt und durch weißes Filtrirpapier filtrirt. Die dem Cyankalium zuzusetzende Goldlösung wird dargestellt, indem man die Lösung von 1 Dukaten in Königswasser im Wasserbade bis zur Trockne verdampft, den Rückstand in etwas Wasser löst und dazu Magnesia (das zwanzigfache vom Gewicht des Dukaten) setzt, welche man vorher mit etwas heißem Wasser zu einem Brei angerührt hat. Die entstandene goldsaure Magnesia wird mit heißem Wasser ausgewaschen und mit verdünnter Salpetersäure digerirt, welche die Magnesia auflöst und die Goldsäure als braunes Pulver zurückläßt, welches mit concentrirter Cyankaliumlösung zusammengebracht wird, in welcher es sich beim Erwärmen löst. Diese Lösung setzt man zu der erwähnten Cyankaliumlösung.

Nach Dr. Elsner löst man 28 Gramm gewalztes Gold in Königswasser, behandelt dann die Lösung, wie angegeben, mit Magnesia und die goldsaure Magnesia mit Salpetersäure; das braune Goldpulver bringt man in eine Auflösung von

500 Grammen gelbem Blutlaugensalz in
4 Litern Wasser,

erhitzt die Flüssigkeit bis zum Sieden und setzt eine kleine Menge Kali hinzu; nach einer halben Stunde gelinden Siedens filtrirt man sie, worauf ein braunrother Rückstand von Eisenoxyd auf dem Filter zurückbleibt.

§. 382.

Eine röthliche Vergoldung erhält man bei Anwendung einer kupferhaltigen Goldflüssigkeit, die man erhält, indem man zu der fertigen Goldflüssigkeit eine Auflösung von Cyankupfer in Cyankalium (durch Auflösen von 2 Th. Kupfervitriol und 5 Th. Cyankalium in 56 Th. Wasser erhalten) setzt. Vermischt man die Goldflüssigkeit mit einer Lösung von Cyansilber in Cyankalium, so erhält man eine grünliche Vergoldung, fügt man außerdem noch etwas von der erwähnten Cyankupferlösung hinzu, so erzeugt sich eine hellröthlichgelbe Vergoldung. Es ist rathsam, vor Aufsetzung kupfer- und silberhaltiger Vergoldungen eine dünne Decke von reinem Golde anzubringen, wenn man mit Silber, Neusilber oder Messing arbeitet, Eisen und Stahl, Zinn und Zink dagegen vorher zu verkupfern. Für letztere Metalle ist überhaupt eine schwache Verkupferung vor dem Vergolden zu empfehlen.

Beim jedesmaligen Herausnehmen der Gegenstände aus der Vergoldungsflüssigkeit werden dieselben zuerst in einem eigenen Gefäße, in welchem das Waschwasser aufbewahrt wird, eingetaucht, um die anhängende Goldlösung abzuspülen. Aus dem Waschwasser wird gelegentlich das Gold gefällt.

§. 383.

Versilberung.

Die Versilberung (argenture, *silvering*) kann außer durch Blattsilber (plaqué francais, *french plating*, vergl. Seite 304)[1]), welche seitdem die Plattirung von Neusilber, von Kupfer durch Aufwalzen, und die galvanische Versilberung (wie beim Chinasilber und Perusilber) üblich geworden, kaum noch Anwendung findet, vor sich gehen

1) durch die Feuerversilberung,
2) durch die kalte Versilberung,
3) durch die nasse Versilberung,
4) auf galvanischem Wege.

§. 384.

Feuerversilberung.

Die Feuerversilberung, heiße Versilberung (argenture au feu),

---

[1]) Daß bei der Blattgoldvergoldung das Blattgold zuweilen durch Silberblatt ersetzt und darauf, um dem Silber eine goldähnliche Farbe zu ertheilen, mit Goldfirniß überzogen wird, wurde bereits Seite 352 erwähnt.

gewöhnlich auf Kupfer, Neusilber und Messing angewendet, wird entweder mit Hülfe eines Silberamalgams oder ohne Mitwirkung von Quecksilber hervorgebracht. Das Silberamalgam wird auf gleiche Weise wie das Goldamalgam der Feuervergoldung (Seite 354) hergestellt; anstatt dieses Amalgams wird häufig ein Gemenge von

1 Th. Silberpulver (aus Silbervitriollösung durch Zink niedergeschlagen),
4 „ Salmiak,
4 „ Kochsalz,
0,25 „ Quecksilberchlorid

angewendet, welches auf die Oberfläche des zu versilbernden Gegenstandes eingerieben wird. Aus dem Ueberzuge von Silberamalgam wird das Quecksilber durch Ausglühen verjagt. Es läßt sich aus dem erwähnten Gemenge auch das Quecksilberchlorid weglassen; in diesem Falle ist die Versilberung einfach eine Folge der Zersetzung eines aus Chlorsilber und Chlornatrium oder Salmiak bestehenden Salzes und der Abscheidung des Silbers aus demselben. Man vermischt Chlorsilber aus 3 Th. Feinsilber mit 12 Th. Kochsalz und 24 Th. Salmiak und etwas Wasser zu einem Brei, welchen man mit einem Pinsel auf die zu versilbernde Fläche aufträgt, dieselbe dann auf einem Kupferbleche bis zum Schmelzen des Salzgemenges erhitzt, sie in Wasser ablöscht und zuletzt mit befeuchtetem Weinsteinpulver bürstet.

Die mit Hülfe der Feuerversilberung versilberten Gegenstände zeigen beim Poliren den Uebelstand, daß die Versilberung unter dem Drucke des Polirsteins oder Polirstahles unter Blasenbildung sich von dem darunter befindlichen Metalle ablöst. Dieser Uebelstand wird bei der Schmelzversilberung vermieden, bei welcher auf eine mit Salzwasser befeuchtete Fläche ein Gemisch von gleichen Theilen Silberpulver, Chlorsilber und gebranntem Borax aufgetragen, das Stück bis zum Rothglühen erhitzt, in einer Auflösung von Kochsalz und Weinstein abgelöscht und darauf mit einer Kratzbürste gerieben wird. Hierauf wird ein Brei aus gleichen Theilen Salmiak, Kochsalz, Glasgalle (wesentlich Chlorkalium) und Zinkvitriol aufgetragen, das Stück bis zum Glühen erhitzt, abgelöscht und gebürstet. Die Operationen werden 4—5mal wiederholt, bis die Versilberung die gehörige Dicke erreicht hat; zuletzt wird es polirt.

§. 385.

Die kalte Versilberung (argenture au froid) wird besonders zur Versilberung von Thermometer- und Barometerskalen, Zifferblättern u. s. w. angewendet, wo es auf eine wohlfeile Versilberung ankommt, die aber keiner Reibung ausgesetzt sein darf. Es wird einfach die gereinigte Oberfläche der

zu versilbernden Metalles mit einem mit Wasser angefeuchteten Gemenge von gleichen Theilen Chlorsilber, Kochsalz, $^2/_3$ Kreide und 2 Th. Potasche oder calcinirte Soda mit einem Korke angerieben, bis die gewünschte Silberfarbe zum Vorschein gekommen ist. Nach einer anderen Vorschrift bedient man sich eines Gemenges von 1 Th. Chlorsilber (frisch gefällt), 6 Th. Kochsalz und 6 Th. *Cremor tartari.* Nach W. Stein soll man 1 Th. salpetersaures Silberoxyd mit 3 Th. Cyankalium zusammenreiben und so viel Wasser hinzusetzen, daß ein dicker Brei entsteht, welchen man mit einem wollenen Läppchen rasch und gleichförmig aufreibt. Auf gleiche Weise läßt sich ein befeuchtetes Gemenge von Chlorsilber mit unterschwefligsaurem Natron anwenden. Um Zifferblätter mit einer schönen matten, weißen körnigen Silberschicht zu überziehen, schlägt Thiede und neuerdings Bovy vor, ein Gemenge von Silberpulver, aus einer Silberlösung mittelst Kupfer gefällt, Kochsalz und Weinstein mit den Fingern auf die Kupfer- und Bronzeplatten einzureiben.

Behufs der falschen Versilberung wird ein Gemenge von geschlämmter Kreide mit einem Amalgam aus gleichen Gewichtstheilen Wismuth, Zinn und Quecksilber auf das gereinigte Messing gerieben. Dauerhafter ist die von Stratingh vorgeschlagene Methode der kalten Versilberung: Man mischt in einem Porcellanmörsel 1 Th. Zinnpulver (aus einer Chlorzinnlösung durch Zink niedergeschlagen oder auch Schabine von der Herstellung des unächten Blattsilbers) mit 2 Th. Quecksilber, und setzt zu dem entstehenden Amalgam 1 Th. Silberpulver (entweder durch Fällen einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd mittelst Kupfer oder durch Reduction einer Silberlösung mittelst Kali und Krümelzucker dargestellt) und nach erfolgter Vereinigung 6—8 Th. Knochenasche. Wird dieses Gemenge mittelst eines feuchten Tuches auf einer reinen Kupferfläche gerieben, so bildet sich sogleich eine eben so schöne, als dauerhafte Versilberung. Wenn man viele und große Objecte zu versilbern hat, so thut man wohl, das Metall mit salpetersaurer Quecksilberoxydullösung zu überziehen, wodurch eine vorgängige Amalgamation stattfindet, welche die nachfolgende Wirkung des Pulvers begünstigt.

§. 386.

Die nasse Versilberung oder der Silbersud. Man löst 1 Th. frisch gefälltes und vor dem Licht geschütztes Chlorsilber, 3 Th. Kochsalz und 3 Th. Weinstein durch Kochen in der erforderlichen Menge Wasser und bringt die zu versilbernden, vorher mit Salpetersäure gereinigten Metalle (Kupfer, Messing, Bronze) in die siedende Flüssigkeit, in welcher man sie eine Viertelstunde lang liegen läßt, wobei sich das Silber metallisch auf der zu versilbernden Fläche nieder-

schlägt. Starke Versilberung läßt sich auf diese Weise nicht erreichen, indem, wenn die Gegenstände zu lange in dem Silbersude verweilen, das Silber sich nicht mehr cohärent, sondern in Gestalt eines grauweißen Pulvers niederschlägt. Die versilberten Gegenstände werden nach dem Herausnehmen aus dem Bad mit Weinsteinpulver naß gebürstet, in reinem Wasser gespült und zuletzt abgetrocknet.

Auch eine Lösung von Chlorsilber in unterschwefligsaurem Natron dürfte sich zur nassen Versilberung eignen.

Nach der Methode von Lampadius löst man 1 Loth Silber in 5 bis 6 Th. Salpetersäure von 1,25 spec. Gewichte und verdünnt die Lösung mit 64 Th. destillirtem Wasser. Die gereinigten Kupfer- oder Messinggegenstände werden höchstens 1/2 Minute in die Versilberungsflüssigkeit gehalten, darauf sogleich mit kaltem Wasser abgewaschen und abgetrocknet. Die Oberfläche erscheint glanzlos und schwärzlich braun. Mit etwas geschlämmter Kreide abgerieben, erscheint schon ein Silberüberzug, jedoch nur ein sehr dünner. Ist das Verfahren noch zweimal wiederholt, so erscheint das Metall vollständig mit einem schönen Silberüberzug bedeckt.

Um Eisen zu versilbern, muß dasselbe vorerst mit einer Schicht Kupfer überzogen werden.

§. 387.

Die von Frankenstein vorgeschlagene Contactversilberung wird ebenso wie die Contactvergoldung (vergl. Seite 364) ausgeführt. Die Versilberungsflüssigkeit wird auf folgende Weise dargestellt:

a) Man löst frisch gefälltes Chlorsilber in der erforderlichen Menge Ammoniak und setzt hinzu, auf 1 Loth Silber in Chlorsilber, 5 Loth Cyankalium, 5 Loth krystallisirte Soda, 2 Loth Kochsalz und 2 1/2 Liter Wasser, kocht einige Minuten und filtrirt;

b) man übergießt ein Gemenge von

1 Th. Chlorsilber,
5 ,, Blutlaugensalz,
5 ,, Potasche oder calcinirter Soda,
2 ,, Kochsalz mit
50 ,, Wasser, fügt
5 ,, Ammoniak (Salmiakgeist)

hinzu, kocht die Flüssigkeit unter Ersetzung des verdampfenden Wassers eine Stunde lang, filtrirt vom ausgeschiedenen Eisenoxyd ab und bewahrt die blaßgelbe Flüssigkeit, vor Zutritt der Luft geschützt, in einer Flasche auf.

Man wendet die eine oder die andere dieser Flüssigkeiten kalt, warm oder siedend an.

§. 388.

Die galvanische Versilberung (argenture galvanique) wird auf dieselbe Weise wie die galvanische Vergoldung (Seite 365) ausgeführt, nur daß man statt der goldhaltigen Flüssigkeit eine silberhaltige anwendet. Die Versilberungsflüssigkeit wird gewöhnlich durch Auflösen von frisch gefälltem Chlorsilber in einer Cyankaliumlösung erhalten und ist den sub a und b §. 387 angeführten Flüssigkeiten ähnlich oder gleich zusammengesetzt. Eine sehr bewährte Vorschrift, welche sich besonders zum Versilbern von Eisendraht und von Stahl eignet, ist folgende: Man verwandelt 3 Loth salpetersaures Silberoxyd durch Kochsalz in Chlorsilber, löst das ausgewaschene Chlorsilber in

10 Loth Cyankalium, welches in
4 Litern destillirtem Wasser

gelöst ist und setzt zu der Lösung

10 Loth krystall. kohlensaures Natron,
4 „ Kochsalz.

Die galvanische Versilberung ist auf Kupfer, Glockengut, Messing, Tombak, Roh- und Stabeisen direct mit gutem Erfolge ausführbar; Zinn und polirter Stahl müssen dagegen vorher galvanisch verkupfert werden, wenn die Versilberung dauerhaft sein soll; Zink muß auf jeden Fall vorher verkupfert sein. Sehr beliebt sind gegenwärtig die aus Neusilber und aus Britanniametall hergestellten und galvanisch versilberten Gegenstände, welche unter dem Namen Chinasilber und Perusilber (vergl. Seite 213 u. 214) in dem Handel vorkommen.

§. 389.

Bei der Versilberung ist auch das Weißsieden der Silberlegirungen (blanchiment, *blanching*) zu erwähnen. Die aus Silberlegirungen dargestellten Gegenstände sind entweder, wenn während der Bearbeitung ein Ausglühen nothwendig war, mit einer schwarzen Schicht von Kupferoxyd überzogen, oder zeigen keineswegs die weiße Farbe des reinen Silbers, sondern immer die röthlichweiße des mit Kupfer versetzten Silbers. Um nun derartigen Gegenständen die Farbe der aus Feinsilber gefertigten zu ertheilen, werden dieselben weißgesotten, d. h. mit Flüssigkeiten zusammengebracht, welche das auf der Oberfläche befindliche Kupferoxyd auflösen, eben so das in der äußersten Schicht der Legirung enthaltene Kupfer, wodurch bewirkt wird, daß die zurückbleibende Haut von Feinsilber die röthliche Farbe der Legirung verdeckt. Damit die zum Weißsieden benutzte Flüssigkeit das

Kupfer aufzulösen vermag, werden die Gegenstände vorher geglüht, wodurch das Kupfer der Oberfläche in Kupferoxyd verwandelt wird. Der gewöhnliche **Weißsud** besteht aus einer erwärmten Auflösung von

1½ Loth Cremor tartari,
3 „ Kochsalz in
1 Liter Wasser,

in welcher man die Silberlegirung so lange liegen läßt, bis alles Kupferoxyd der Oberfläche gelöst ist und die Oberfläche metallglänzend erscheint. Man wendet ferner zum Weißsieden verdünnte Schwefelsäure (1 Th. engl. Schwefelsäure auf 35—40 Th. Wasser) oder eine Auflösung von zweifach-schwefelsaurem Kali an.

§. 390.

Platiniren.

Das Ueberziehen von Metallflächen mit Platin hat bis jetzt nur wenig Eingang gefunden. Doch lassen sich Stahl und Eisen mittelst einer Lösung von Platinchlorid in Aether oder besser noch einer Lösung von Elayl-Platinchlorid (durch lange Zeit fortgesetztes Kochen einer alkoholischen Lösung von Platinchlorid erhalten) platiniren, ganz auf dieselbe Weise, wie es bei der ähnlichen Art des Vergoldens der Fall ist. Eine Art von **Platinsud** (auf Kupfer, Messing, Neusilber) läßt sich ausführen, indem man die mit Platin zu überziehenden Gegenstände in eine bis auf 75° erwärmte Lösung von Ammoniumplatinchlorid (NH_4Cl, $PtCl_2$, Platinsalmiak, 1 Th. in 64 Th. Wasser) bringt, darin etwa ½ Minute verweilen läßt und dann mit geschlämmter Kreide abreibt. Nach Anderen soll der Erfolg ein besserer sein, wenn man der Platinsalmiaklösung etwas gewöhnlichen Salmiak zusetzt. Eine Lösung von Natriumplatinchlorid, durch Neutralisiren einer sauren Lösung von Platinchlorid mit kohlensaurem Natron erhalten, ist gleichfalls als Platinsud zu empfehlen. Eine **kalte Platinirung** läßt sich erhalten, wenn man die polirten Metalle mit einem angefeuchteten innigen Gemenge aus gleichen Theilen Platinsalmiak und gereinigtem Weinstein reibt.

Auf **galvanischem Wege** läßt sich eine Platinirung mit folgenden Flüssigkeiten erhalten: a) eine mit Natronlauge versetzte Auflösung von Natriumplatinchlorid; b) eine ammoniakalisch gemachte wässerige Lösung von Platinsalmiak. Nach Art der **Frankenstein**'schen Vergoldung läßt sich ein Ueberzug mit Platin bei Anwendung einer Auflösung von 1 Th. Platinchlorid und 20 Th. Kochsalz, welche mit etwas Natronlauge versetzt worden ist, hervorbringen; es wird zu dem Ende der betreffende Kupfer- oder Messinggegenstand in die Flüssigkeit gebracht, so daß er mit derselben überall bedeckt ist, und mit einem Streifen Zinkblech in Contact gebracht.

Nach dem von R. Böttger verbesserten Verfahren von Roseleur und Lavaux löst man eines Theils 2 Unzen phosphorsaures Natron und 1 Unze pyrophosphorsaures Natron in $^1/_4$ Liter Wasser, andern Theils $^1/_2$ Unze trocknes Platinchlorid in 2 Unzen Wasser und schlägt letztere Lösung mit phosphorsaurem Ammoniak nieder. Den aus phosphorsaurem Platinoxyd-Ammoniak bestehenden Niederschlag mischt man sammt der darüber stehenden Flüssigkeit mit der ersteren Lösung von phosphorsaurem Natron und kocht die Flüssigkeit vier Stunden lang. Es entweicht dabei Ammoniak und die Flüssigkeit wird stark sauer: die Flüssigkeit verliert ihre gelbe Farbe und kann mit gutem Erfolg zum Platiniren angewendet werden. Es läßt sich auch vermittelst einer Mischung von pyrophosphorsaurem und schwefligsaurem Natron ein Bad zum Platiniren herstellen, das Platin schlägt sich aber daraus wieder weiß nieder und das Bad erfordert einen stärkeren galvanischen Strom.

§. 391.

Verkupfern.

Das Verkupfern (cuivrage, *coppering*) kann bewerkstelligt werden

1) auf trocknem Wege,
2) auf nassem Wege,
3) durch Galvanismus.

Die Verkupferung auf trocknem Wege wird auf Eisen und Stahl angewendet. Obgleich Eisen durch bloßes Eintauchen in geschmolzenes Kupfer mit einer Kupferschicht überzogen werden kann, so ist doch die Ausführung wegen der Oxydation beider Metalle schwierig. Nach Bucklin verfährt man zweckmäßiger auf folgende Weise: Es werden die Eisenstücke durch Eintauchen in verdünnte Schwefelsäure und Reiben mit Sand gereinigt, gewaschen, in eine Salmiaklösung getaucht, unmittelbar darauf in geschmolzenes Zink und nach Ueberziehung mit einer Zinkschicht rasch in geschmolzenes Kupfer getaucht, bis das Zischen in diesem aufhört, wo sich dann ein vollständiger und dauerhafter Kupferüberzug auf dem Eisen findet. Durch wiederholtes Eintauchen in die Salmiaklösung, das Zink und das Kupfer läßt sich der Kupferüberzug in gewünschter Dicke hervorbringen.

Auf nassem Wege wird das Eisen durch Eintauchen in eine wässerige Lösung von Kupfervitriol oder Kupferchlorid verkupfert. Diese Ueberkupferung ist aber äußerst locker haftend und verträgt keine Reibung. Man kann dieselbe nach H. Reinsch dauerhaft, polirbar und von beliebiger Dicke nach folgendem Verfahren erhalten. Salzsäure wird mit 3 Volumen Wasser

verdünnt, in diese Flüssigkeit einige Tropfen Kupfervitriollösung gebracht und das vorher mit Weinstein und Kohlenpulver blank gescheuerte Eisen einige Sekunden eingetaucht. Man reibt nun das Eisen mit einem Lappen ab, setzt eine große Menge Kupfervitriollösung hinzu und legt das Eisen wieder in die Flüssigkeit, womit man so lange fortfährt, bis der Ueberzug die gehörige Dicke besitzt. Zuletzt wird das überkupferte Eisen mit einer Sodalösung abgespült, abgetrocknet und mit geschlämmter Kreide polirt.

§. 392.

Bei der jetzt so häufigen Benutzung von Zink zu Gußgegenständen ist namentlich das Verkupfern dieses Metalles von großer Wichtigkeit. Die Verkupferungsflüssigkeit ist eine Auflösung von weinsaurem Kupferoxyd in weinsaurem Kali. Zur Darstellung derselben wird auf folgende Weise operirt: Man erhitzt ein Gemisch aus 12 Thln. gereinigten Weinsteins mit 1 Th. kohlensaurem Kupferoxyd und 24 Thln. Wasser bis auf ohngefähr 75°, erhält das Ganze in dieser Wärme, bis alles Aufbrausen aufgehört hat, und fügt dann noch so lange geschlämmte Kreide in kleinen Portionen hinzu, als noch ein Aufbrausen erfolgt. Es werden dazu ungefähr 3$^1/_2$ Thle. Kreide erforderlich sein. Es entsteht eine dunkelblaue Flüssigkeit und daneben ein beträchtlicher Bodensatz von weinsaurem Kalk. Sobald dieser letztere sich abgelagert hat, gießt man die darüber stehende Flüssigkeit auf ein Filter und wäscht den Bodensatz wiederholt, jedoch mit nicht mehr als 48 Thln. Wasser aus, indem man jedesmal absetzen läßt und die Flüssigkeit auf das Filter bringt. Soll die Flüssigkeit zum Verkupfern benutzt werden, so legt man die sorgfältigst gereinigten Gegenstände ohne Weiteres hinein, so daß sie vollständig bedeckt sind. Der Niederschlag erfolgt sogleich und nimmt im Verlaufe einiger Minuten an Farbe zu, bis ein gewisser Sättigungspunkt eintritt. Sobald sich die Kupferfarbe in höchster Reinheit zeigt, nimmt man die Gegenstände heraus.

Die Gegenstände verkupfern sich um so schöner, je reiner und glänzender die Oberfläche ist, und besonders dann, wenn man eine schwache Verzinnung hat vorangehen lassen. Die Reinigung geschieht mit einer gesättigten Lösung von Weinstein in Ammoniakflüssigkeit. Man legt die Zinkgegenstände eine Stunde lang in die Lösung oder man vermischt die Lösung mit Kreide oder Thon und streicht den dünnen Brei auf. Nach einiger Zeit reibt man sie mittelst eines Schwammes, einer Bürste u. s. w., welche mit einem breiigen Gemische aus Beize und feinem Sand benetzt sind, ab, bis die reine metallweiße Oberfläche des Zinks erschienen ist.

Auch durch Anreiben kann die Verkupferung eben so leicht und schön

bewerkstelligt werden. Man braucht hierzu in die Verkupferungs-Flüssigkeit nur so viel Schlämmkreide und feinen Sand einzurühren, daß ein flüssiger Brei entsteht. Werden die Gegenstände mit diesem abgerieben oder gebürstet, wobei man eine reichliche Anwendung des Breies nicht versäumen darf, so verkupfern sie sich sehr bald. Das Anreiben wird beendet, wenn die Farbe reich genug ist.

Andere Metalle, namentlich Eisen, lassen sich ebenfalls mit dieser Verkupferungs-Flüssigkeit verkupfern. Man befestigt hierzu an den Eisengegenständen hie und da ein Stückchen Zinkdraht und legt sie in die Flüssigkeit ein oder man reibt sie mit der breiigen Masse, aus Flüssigkeit und Schlämmkreide, der man Zinkfeilspäne zugesetzt hat, auf die beschriebene Weise an. Am besten gelingt die Verkupferung in einer Mischung von Verkupferungs- und Verzinnungs-Flüssigkeit. Die unverdünnte Verzinnungs-Flüssigkeit wird mit 20 bis 30 Proc. der Verkupferungs-Flüssigkeit versetzt und das Ganze mit dem Zehnfachen Wasser verdünnt. Es schlägt sich eine Legirung von Kupfer und Zinn mit sehr überwiegendem Kupfer nieder. Die Gegenstände dürfen nicht zu lange in der Flüssigkeit bleiben, weil sich sonst die Verkupferung wieder ablöst.

§. 393.

Die Verkupferung auf galvanischem Wege wird ausgeführt, wenn Gegenstände aus Zink und Eisen dauerhaft vergoldet und versilbert werden sollen. Sie geht langsamer von statten, als die galvanische Vergoldung und Versilberung, und erfordert einen weit stärkeren elektrischen Strom, so daß, wenn zwei Elemente zum Versilbern und vier Elemente zum Vergolden hinreichen, zur Verkupferung sechs Elemente erforderlich sind. Bewährte Verkupferungsflüssigkeiten werden auf folgende Weise dargestellt:

a) Man bringt Kupferhammerschlag mit einer Lösung von 1 Th. Cyankalium in 6 Th. Wasser zusammen und erhitzt die Flüssigkeit eine halbe Stunde lang bei 70°; die abfiltrirte Flüssigkeit wird noch mit dem gleichen Volumen Wasser verdünnt;

b) man löst 8 Loth Kupfervitriol in 1½ Pfd. Wasser und fügt zu der Flüssigkeit eine Lösung von 8—10 Loth Cyankalium in 2 Pfd. Wasser; der anfangs sich bildende Niederschlag von Cyankupfer löst sich beim Umschütteln der Flüssigkeit wieder auf;

c) man löst 8 Loth Cremor tartari in 2½ Pfd. siedendem Wasser und setzt zu der Flüssigkeit so viel Bremerblau (kohlensaures Kupferoxyd), bis ein Theil des letzteren ungelöst bleibt; die erhaltene dunkelblaue Flüssigkeit wird durch etwas Potasche alkalisch gemacht und darauf mit vielem Wasser verdünnt.

§. 394.

Wird zu der Verkupferungsflüssigkeit eine zink- oder zinnhaltige Flüssigkeit gesetzt, so erhält man durch den elektrischen Strom einen Messing- oder einen Bronzeüberzug. Um einen Messingniederschlag zu erhalten, löst man nach Heeren:

1 Th.	Kupfervitriol	in	4 Th.	heißem Wasser,
8 ,,	Zinkvitriol	,,	16 ,,	,, ,,
18 ,,	Cyankalium	,,	32 ,,	,, ,,

Die Flüssigkeiten werden mit einander gemischt; das Auflösen des sich bildenden, aus Cyankupfer und Cyanzink bestehenden Niederschlags wird durch Zusatz von Cyankalium befördert, und die klare Lösung zuletzt mit 250 Th. Wasser verdünnt. Die Zersetzung geschieht durch einen starken elektrischen Strom. Der zu überziehende Gegenstand wird mittelst eines Kupferdrahtes mit dem einen Elemente verbunden und dient als Kathode; als Anode dient eine Messingplatte, mittelst eines Messingdrahtes mit dem anderen Elemente in Verbindung gebracht. Die Zersetzungsflüssigkeit muß fast bis zum Sieden erhitzt sein. Soll der Niederschlag erfolgen, so muß an der Kathode lebhafte Wasserstoffentwickelung stattfinden. Sind alle Bedingungen vorhanden, so entsteht der Messingüberzug schon nach einigen Minuten. Kupfer, Zinn, Zink, Britanniametall u. s. w. lassen sich nach diesem Verfahren mit Messing überziehen.

Eine Lösung von

2 Pfd. Potasche,
5 Loth Grünspan, der vorher in 1 Pfd. Ammoniakflüssigkeit aufgelöst worden ist,
8—10 Loth Zinkvitriol,
4—5 ,, Cyankalium in
25 Liter Wasser

soll gleichfalls zum Ueberziehen mit Messing auf galvanischem Wege Anwendung finden können.

Um einen Bronzeniederschlag zu erzeugen, wendet man 10 Th. kohlensaures Kali, 2 Th. Kupferchlorid, 1 Th. Zinnsalz, 1 Th. Cyankalium und 100 Th. Wasser an, oder 32 Th. Kupfervitriol in 500 Th. Wasser gelöst, 64 Th. Cyankalium hinzugesetzt und nach erfolgter klarer Lösung 4—5 Th. Zinnchlorid, in Kalilauge gelöst, beigemischt.

§. 395.

Verzinken.

Das Verzinken (zincage, *zinking*) wird hauptsächlich nur auf Eisen (Telegraphendrähte, Schrauben, Steinklammern, Kanonenkugeln, Nägel,

Blech) als Schutz gegen Rost ausgeführt. Indem nämlich das verzinkte Eisen in Berührung mit Wasser eine Kette bildet, in welcher das Zink den elektropositiven Bestandtheil ausmacht, tritt der Sauerstoff des durch den elektrischen Strom zersetzten Wassers zu dem Zink und oxydirt dasselbe, während das Eisen unangegriffen bleibt. Bei verzinntem Eisen findet das Umgekehrte statt, es wird das Eisen elektropositiv und geht durch Rost zu Grunde, während das Zinn, dessen vermeintliche Bestimmung das Eisen zu schützen ist, die Oxydation des Eisens beschleunigt. Es ist, damit das Zink das Eisen schütze, keineswegs ein ununterbrochener Ueberzug des Eisens mit Zink erforderlich, da der elektrische Zustand sich über die ganze Oberfläche des Eisens ausdehnt. Die in Betracht kommende Stellung des Eisens und des Zinks in der elektrischen Spannungsreihe gab Veranlassung, daß man das Verzinken des Eisens Galvanisiren und das mit Zink überzogene Eisen galvanisirtes Eisen (fer galvanisé, *galvanized iron*) nennt.

§. 396.

Das Verzinken wird entweder auf trocknem Wege (d. h. durch Eintauchen des Eisens in geschmolzenes Zink) oder auf nassem Wege (d. h. durch Niederschlagen von Zink aus der wässerigen Lösung eines Zinkoxydsalzes) bewerkstelligt.

Nach dem ersten Verfahren wird das zu verzinkende Eisen in verdünnte Schwefelsäure, welche, damit sie nur das Oxyd, nicht aber auch das Eisen angreife, mit gewissen organischen Stoffen (Holztheer, Theeröl) versetzt ist, zerlegt, bis sich auf dem Eisen eine reine Metallfläche zeigt, oder letztere durch leichtes Reiben mit nassem Sand hergestellt werden kann. Nach dem Herausnehmen des Eisens aus der Beize wird dasselbe in frischem Wasser gespült, auf der Oberfläche mit Sand und einem Lappen abgerieben und dann in Kalkmilch gelegt. Das Beizwasser muß von Zeit zu Zeit erneuert werden.

Das von Rost und Hammerschlag befreite Eisen erhält zunächst eine schwache Verzinkung auf kaltem Wege, indem man es $1^{1}/_{2}$ bis 2 Minuten in eine mit Salmiak versetzte Chlorzinklösung bringt. Das auf diese Weise mit einem feinen Zinküberzuge versehene Eisen wird erwärmt, bis es vollkommen trocken geworden ist, dann mit einer Zange gepackt und in geschmolzenes Zink getaucht und darin gelassen, bis es die Temperatur des Zinkes angenommen hat; alsdann wird es herausgehoben und von dem überflüssigen Zink durch Abklopfen befreit. Vor dem Eintauchen ist die Oberfläche des geschmolzenen Zinks mit einem Löffel zu reinigen und die Zinkasche zur Bereitung von Chlorzink aufzubewahren.

Die Dicke der Zinkschicht auf verzinktem Eisen beträgt in der Regel 0,009—0,16 Millimeter, d. i. etwa $^1/_{2900}$—$^1/_{164}$ Zoll. Um die Dicke des Zinkes auf verzinktem Eisendraht zu ermitteln, schlägt Pettenkofer vor, den zu prüfenden Draht in eine Lösung von Kupfervitriol zu tauchen, sogleich wieder herauszunehmen, den entstandenen schwarzen pulverigen Ueberzug (aus Zink und Kupfer bestehend) abzuwischen, damit der weiße Zinküberzug zum Vorschein komme, den Draht wieder in die Kupferlösung zu tauchen und so fort, bis der Draht nach dem Abwischen verkupfert erscheint, d. h. bis alles Zink entfernt ist. Je häufiger das Eintauchen wiederholt werden kann, ehe die Kupferhaut sich bildet, desto dicker ist der Zinküberzug. Gut verzinkter Telegraphendraht verträgt ein 12—15 maliges Eintauchen.

§. 397.

Auf nassem Wege lassen sich kleine kupferne und messingene Gegenstände durch Kochen in einer Chlorzinklösung, in der sich gekörntes Zink oder Zinkblechabfälle befinden, verzinken. Zur galvanischen Verzinkung benutzt man als Zersetzungsflüssigkeit entweder eine Auflösung von Zinkoxyd in Kalilauge oder eine wässerige Lösung von schwefelsaurem Zinkoxyd, welche mit einer geringen Menge Schwefelsäure angesäuert worden ist. Man erhält damit auf Gußeisen, Stabeisen und Stahl eine Verzinkung, welche vollkommen rostabhaltend wirkt.

§. 398.

Verzinnen.

Das Verzinnen (étamage, *tinning*) geschieht entweder mittelst geschmolzenen Zinns (auf trocknem Wege), oder mit Hülfe einer Zinnlösung (auf nassem Wege, Zinnsud, Weißsud).

Das Verzinnen des Eisenblechs ist bereits Seite 300 beschrieben worden. Um Gefäße aus Kupfer, Messing oder Schmiedeeisen zu verzinnen, wird die innere zu verzinnende Fläche mit verdünnter Schwefelsäure abgebeizt und dann mit feuchtem Sand ausgescheuert oder mit einem Schabeisen geschabt. Darauf erhitzt man dieselben über einem Kohlenfeuer bis etwa über den Schmelzpunkt des Zinns, bringt Colophonium oder etwas Salmiakpulver und geschmolzenes Zinn hinein, und reibt das letztere mit Werg oder Baumwolle über die zu verzinnende Fläche und gießt zuletzt das überflüssige Zinn heraus. Anstatt des Colophoniums oder Salmiaks läßt sich auch Löthsalz (Chlorzink-Chlorammonium, vergl. Seite 340) oder auch nur Chlorzink anwenden.

§. 399.

Die Verzinnung auf nassem Wege oder der Zinn- oder Weißsud wird hauptsächlich auf kleine Messinggegenstände (Stecknadeln, Kettchen, Ringe, Drahtsiebe) ausgeführt. Es werden zu diesem Behufe die Gegenstände vorher mit verdünnter Schwefelsäure oder einer Weinsteinabkochung abgebeizt und in einem verzinnten kupfernen Kessel mit 3 Th. fein gekörntem Zinn, 1 Th. Cremor tartari und 80 Th. Wasser gekocht, bis die Gegenstände mit einem Zinnhäutchen bedeckt erscheinen. Die weißgesottenen Waaren werden in Wasser abgespült, durch Schütteln mit Sägespänen in einem Sack getrocknet und von den Sägespänen durch Sieben befreit. Durch die Einwirkung der siedenden und gesättigten Lösung von Weinstein oder Cremor tartari ($C_8 H_5 KO_{12}$) auf das Zinn bildet sich weinsaures Zinnoxydul-Kali ($C_8 H_4 Sn KO_{12}$), aus welchem sich das Zinn auf die Oberfläche des Messinggegenstandes niederschlägt.

Im Großen führt man das Weißsieden auch auf die Weise aus, daß man die zu verzinnenden Messinggegenstände in eine Tonne bringt, in der sich fein zertheiltes Zinn, Zinnchlorür (Zinnsalz), Weinstein und heißes Wasser befindet, und welche um ihre horizontal in Lagern liegende Axe sich dreht.

Nach dem von R. Böttger vorgeschlagenen Verfahren des Weißsiedens kocht man die zu verzinnenden Gegenstände einige Minuten lang in einer Lösung von zinnsaurem Kali oder Natron (ersteres durch Auflösen von Zinnoxyd in Kalilauge, letzteres am besten durch Zusammenschmelzen von Zinnstein mit Chilisalpeter und Auflösen der geschmolzenen Masse in kochendem Wasser erhalten, auch als Sodastannat im Handel zu beziehen), zu welcher man etwas gekörntes Zinn gesetzt hat.

§. 400.

Zur galvanischen Verzinnung, die indessen bisher nur selten Anwendung fand, benutzt man eine Lösung von zinnsaurem Kali oder Natron (§. 399), die man sich zu Versuchen im Kleinen darstellt, indem man 3—4 Loth Zinnchlorid (salzsaures Zinnoxyd) in $2^1/_2$ Liter Wasser löst und hiezu Kali und Natronlauge setzt, bis der anfänglich entstehende Niederschlag sich wieder aufgelöst hat.

Zur Verzinnung des Gußeisens auf galvanischem Wege verfährt man nach Boucher und Rosseleur auf folgende Weise: Man löst $12^7/_8$ Pfd. pyrophosphorsaures Natron, $1^1/_7$ Pfd. gewöhnliches Zinnsalz und $3^1/_5$ Pfd. geschmolzenes trocknes Zinnchlorür in 443 Liter Regenwasser, erhält

die Lösung auf einer Temperatur von 80—90° und taucht in dieselbe das Eisen zugleich mit einigen Zinkstücken. In demselben Bad kann auch Zink verzinnt werden; dann muß aber eine Batterie angewendet werden, deren positiver Pol am besten aus einer Zinnplatte besteht, welche sich nach und nach löst und so das ausgeschiedene Zinn wieder ersetzt.

Als Bad für Verzinnen des Zinks dient besser folgende Mischung: $1^1/_7$ Pfund trocknes und geschmolzenes Zinnchlorür, $5^3/_7$ Pfund pyrophosphorsaures Natron in 524 Quart Regenwasser gelöst.

§. 401.

Bronziren und Brüniren.

Das Bronziren (bronzage, *bronzing*) bezweckt, Gegenständen aus Metall, Gyps, Holz und anderem Material ein bronzeähnliches Ansehen zu geben. Sehr häufig wird das Bronziren einfach auf die Weise ausgeführt, daß man den betreffenden Gegenstand zuerst mit Leinölfirniß oder einer Lösung von arabischem Gummi, Hausenblase oder Dextrin überstreicht und dann mit Bronzepulver (entweder der fein geriebene Abfall oder die Schabine von der Bereitung des unächten Blattgoldes, vergl. Seite 312), oder auch, obgleich seltener, Musivgold ($Sn\,S_2$) überstäubt und endlich das Pulver mit einem Baumwollbäuschchen einreibt. Beim Bronziren von Gyps- und Papiermachéfiguren giebt man häufig erst einen Grund von Graphit und darüber erst das Bronzepulver.

Gegenstände aus Gußeisen, namentlich durchbrochene Verzierungen an gußeisernen Oefen werden bronzirt, indem man dieselben mit einer befeuchteten Messingdrahtbürste so lange bürstet, bis der Gegenstand trocken und glänzend genug ist. Oder man beizt das Gußeisen mit verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure und bestreicht es nachdem mit einer Kupfervitriollösung, wodurch sich ein dünnes Kupferhäutchen auf der Oberfläche bildet.

Bei dem Bronziren von Gegenständen aus leichtflüssigem Metall und aus Zinn werden dieselben mit einer Auflösung von 1 Th. krystallisirtem Grünspan in 4 Th. Essig überstrichen und nach dem Trocknen mit einer zarten Bürste und Eisenroth (Eisenoxyd) polirt, während welcher Operation man den Gegenstand öfters anhaucht. Bei Zinn ändert man das Verfahren in der Weise ab, daß man die gereinigten Gegenstände vorher mit einer Lösung von 1 Th. Eisenvitriol, 1 Th. Kupfervitriol in 20 Th. Wasser überstreicht. Die so bronzirten Gegenstände werden durch Ueberstreichen mit Goldfirniß gegen Einwirkung von Feuchtigkeit geschützt.

§. 402.

Um Kupfer eine braune Kupferbronze zu ertheilen, kocht man den blanken Kupfergegenstand mit einer concentrirten Lösung von chlorsaurem Kali, zu welcher man etwas salpetersaures Ammoniak gesetzt hat. Die Bronzefarbe hat einen angenehm gelblich-braunen Ton, welcher durch nachheriges Erhitzen des gewaschenen und getrockneten Kupfers beliebig dunkel und mehr rothbraun nüancirt werden kann. Durch Bürsten wird die Farbe bedeutend gehoben.

Nach einer anderen bewährten Vorschrift reinigt man das Kupfer oder Messing mit verdünnter Salpetersäure oder auch nur mit Bimssteinpulver, verkupfert das letztere, wäscht ab, reinigt mit Sägespänen, bestreicht mit einem Brei aus 9½ Th. Graphit, 15 Th. Blutsteinpulver und Weingeist mittelst eines Pinsels und entfernt das Pulver nach 24 Stunden wieder. Durch eine Glanzbürste erhält man den firnißähnlichen Glanz. Größere Mengen von Graphit machen die Farbe dunkler. Um neu gegossenen Gegenständen aus Bronze oder Kupfer die helle Farbe und den Glanz zu benehmen, reibt man das blanke Metall mit Hülfe einer Bürste oder eines Leinwandläppchens mit einer Auflösung von 1½ Loth Salmiak und 1½ Quentchen zweifach-oxalsaurem Kali in 1 Liter Essig, bis die geriebene Stelle trocken geworden ist, welche Operation man so oft wiederholt, bis die Farbe der Bronze gehörig dunkel geworden ist.

Auch durch Einwirkung von Schwefelwasserstoffgas oder durch Eintauchen in eine Lösung von Schwefelkalium oder Schwefelammonium läßt sich auf Kupfer und Messing durch Bildung einer dünnen Schicht von Schwefelkupfer eine braune Bronze erzeugen, welche aber durch Firniß vor der Einwirkung der Luft geschützt werden muß. Einen dauerhaften bräunlichgrauen Ueberzug erhält man auf Kupfer durch Eintauchen während einer Minute in eine siedende Lösung von Schlippe's Salz (SbS_5, NaS, dargestellt durch starkes Glühen eines Gemenges von Schwefelantimon, Glaubersalz und Kohle, Auslaugen der geglühten Masse mit Wasser und Kochen der Flüssigkeit mit Schwefelblumen bis zur erfolgten Lösung derselben).

Schwarze Bronze auf Messing (für physikalische und optische Apparate) wird durch einen dünnen und festanhaftenden Ueberzug von schwarzem Kupferoxyd hervorgebracht. Es wird der zu bronzirende Gegenstand in starke Salpetersäure eingetaucht und dann über Kohlenfeuer oder einer Gasflamme erhitzt, bis der Ueberzug schwarz erscheint; es wird nämlich durch das Erhitzen das entstandene salpetersaure Kupferoxyd unter Zurücklassung von Kupferoxyd zerlegt. Man bläst das lockere Pulver ab und reibt die Fläche noch warm mit

einem mit Wachs getränkten Fließpapier und zuletzt mit einem Wolltuch. Eine tiefer schwarze, schwach glänzende Fläche erhält man, wenn man das Messing durch Bestreichen mit einer Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxydul amalgamirt und das auf der Oberfläche befindliche Quecksilber durch Schwefelkaliumlösung in schwarzes Schwefelquecksilber überführt. Wendet man anstatt der Schwefelkaliumlösung eine Lösung von Antimon- oder Arsenikleber, am einfachsten durch Kochen von Kermes oder von Operment in Schwefelleberlösung erhalten, an, so erhält man eine schöne dunkelbraune bis braungelbe Messingbronze.

Durch Reiben von Kupfer mit einer mit etwas Salzsäure versetzten Lösung von gelbem Blutlaugensalz soll sich, durch Bildung von Kupfereisencyanür, eine schöne braunrothe Bronzirung hervorbringen lassen. Auch Joddämpfe und Phosphorwasserstoffgas sollen sich zur Erzeugung einer verschieden gefärbten Bronze auf Kupfer und Messing anwenden lassen.

§. 403.

Kupfer wird häufig mit einem rothbraunen Ueberzug von Kupferoxydul versehen, weil die rothbraune Farbe des Oxyduls angenehmer ist als die rothe Farbe des Kupfers, ferner der Oxydulüberzug das Metall vor Grünspan schützt. Um kupferne Geräthschaften auf diese Weise zu oxydiren, überzieht man die vorher vollkommen gereinigte Oberfläche mit einem feuchten Brei aus Eisenoxyd und Wasser, läßt trocknen, erhitzt bis zum Rothglühen und wischt die Oberfläche rein ab. Oder man trägt einen Brei aus 4 Th. Eisenoxyd, 4 Th. Grünspan und 1 Th. Hornraspelspänen mit etwas Essig auf, erhitzt, bis der Anstrich trocken und schwarz geworden ist, und wäscht wieder ab; in letzterem Falle wird die Farbe, da beim Erhitzen von Horn schwefelammoniumhaltige Producte sich bilden, weniger durch Kupferoxydul, als vielmehr durch Kupfersulfuret hervorgebracht.

Um kupferne Medaillen zu bronziren, läßt man dieselben in einer sehr verdünnten Lösung von 1 Th. Salmiak und 2 Th. Grünspan in Essig sieden, bis sie den erwünschten Farbenton angenommen haben.

Das Verfahren, Kupfer mit einer Schicht von Kupferoxydul zu überziehen, nennt man das P a t i n i r e n und die Bronzirung selbst P a t i n a, nicht zu verwechseln mit der Seite 253 beschriebenen, aus basisch kohlensaurem Kupferoxyd bestehenden Patina.

§. 404.

Flinten- und Pistolenläufen ertheilt man häufig, um denselben den Glanz zu benehmen und sie vor der Oxydation (Rostbildung) zu bewahren, durch

das Brüniren eine braune Farbe, welche gewöhnlich allein aus einer fest anhängenden Schicht von Eisenoxyd besteht. Dieser Ueberzug wird durch wiederholtes Bestreichen mit verdünnter Salpetersäure und Eintrocknenlassen hervorgebracht, durch endliches Ueberziehen mit einer verdünnten Lösung von salpetersaurem Silberoxyd kann man dem Eisen eine fast schwarze Farbe ertheilen. Zuletzt reinigt man die Flächen mit einer Kratzbürste und reibt etwas Wachs ein.

Ein häufig angewendetes Brünirmittel ist das Antimonchlorid ($Sb\,Cl_3$, auch seiner dickflüssigen Beschaffenheit wegen Antimonbutter genannt), welches mit Olivenöl gemischt zum Einreiben des vorher schwach erwärmten Eisens benutzt wird. Das Einreiben wird wiederholt, bis die Oxydschicht die erforderliche Dicke erreicht hat. Zuletzt wird das Eisen gewaschen, getrocknet, mit dem Polirstahl polirt oder mit rothem Lackfirniß überzogen oder endlich mit Wachs eingerieben.

§. 405.

Galvanische Metallfärbung.

In gewerblicher Beziehung von Wichtigkeit sind die prachtvollen regenbogenartigen Farben, welche sich auf den gereinigten und polirten Oberflächen der Metalle oder mit metallischen Ueberzügen versehenen Körper dadurch hervorbringen lassen, daß man auf denselben Lösungen gewisser Metallsalze durch den elektrischen Strom zersetzt, indem z. B. die zu färbende metallische Oberfläche mit dem einen Pole einer galvanischen Batterie verbunden und die Spitze eines mit dem anderen Pole vereinigten Drahtes in einer Entfernung von etwa $^1/_2$ Linie angebracht wird. Die hervorgebrachten Farben widerstehen im Allgemeinen ziemlich gut der Reibung, werden durch Erhitzen in überraschender Weise belebt und ertragen einen ziemlichen Grad von Hitze. Man nennt das Verfahren der Hervorbringung dieser Farben galvanische Metallfärbung, Metallochromie, Galvanochromie.

Die von Nobili im Jahre 1826 entdeckte Metallfärbung hat seit etwa einem Jahrzehnd durch Becquerel eine solche Vollkommenheit erlangt, daß sie, namentlich in der Methode, Metalle mit Oxyden zu überziehen, vielseitig in die Industrie übergegangen ist. Die Farben selbst gehören in die Kategorie der in der Physik als „Farben dünner Schichten" bekannten Erscheinungen, zu denen auch die Newton'schen Farbenringe gezählt werden.

§. 406.

Um Eisen-, Stahl-, Gelb- und Rothgießerwaaren galvanisch zu färben, wendet man häufig folgendes Verfahren an (z. B. die aus Nürnberg und Fürth in alle Welt verschickten Glocken, Klingeln und andere Gegen-

stände aus Messing, Glocken- und Kanonenmetall sind auf diese Weise gefärbt): Man stellt eine Lösung dar von

14 Loth Aetzkali oder 12 Loth Aetznatron in
2 Liter destill. Wasser

und kocht die Flüssigkeit mit

9 Loth geschlämmter Bleiglätte (oder besser Massicot, durch Glühen von Mennige erhalten)

in einer Porcellanschale unter Ersetzung des verdampfenden Wassers eine halbe Stunde lang. Man läßt die Flüssigkeit sich klären, gießt das Klare von dem Bodensatze ab und bewahrt es zum Gebrauche auf. Die Flüssigkeit enthält Bleioxyd-Kali oder Bleioxyd-Natron.

Will man färben, so bringt man die Flüssigkeit in eine poröse Thonzelle, umgiebt sie mit einem Glasgefäße mit verdünnter Salpetersäure (1 Th. Säure auf 20 Th. Wasser), bringt in die verdünnte Säure ein Platinblech, in die Flüssigkeit der Thonzelle den zu färbenden Gegenstand und verbindet letzteren mit dem positiven, das Platinblech mit dem negativen Pole einer Batterie. Die Farben, von einer Schicht von Bleisuperoxyd (PbO_2) herrührend, erscheinen und wechseln sehr schnell. So viel als möglich bringt man die Färbung auf einer nicht oxydirbaren Metallschicht an, da der zu färbende Gegenstand mit dem positiven Pole der Batterie verbunden werden muß und er, wenn seine Oberfläche aus einem oxydirbaren Metalle besteht, dabei häufig nicht blank bleibt. Als Unterlage für das sich ausscheidende Bleisuperoxyd eignet sich vorzugsweise eine vergoldete Fläche oder auch Platin. Auf letzterem bringt Bleisuperoxyd ein prächtiges Blau, auf Gold dagegen Grün hervor. Der Erfolg der Operation ist von der Reinheit und Vorbereitung der zu färbenden Fläche abhängig.

Vorzüglich haltbare Farben erhält man bei Anwendung einer Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul-Ammoniak, die man darstellt, indem man reinen und oxydfreien Eisenvitriol in luftfreiem Wasser löst, die Lösung mit Schwefelsäure ansäuert und so viel Ammoniak hinzusetzt, bis der anfänglich entstehende Niederschlag sich vollständig wieder gelöst hat. Die auf diese Weise hervorgebrachten Farben lassen sich mit Leder und Eisenroth poliren und vertragen selbst den Polirstahl.

§. 407.

Eine zum Färben von Stahlarbeiten, Artikeln aus Bronze u. s. w. sehr zu empfehlende Flüssigkeit wird auf folgende Weise erhalten: Man löst 4 Loth Kupfervitriol und weißen Kandiszucker in 18 Loth Wasser und versetzt die Lösung mit so viel starker Kali- oder Natronlauge, bis der anfangs

sich bildende Niederschlag sich wieder aufgelöst und die Flüssigkeit eine dunkelblaue Farbe angenommen hat. Die Flüssigkeit wird in ein Porcellangefäß gegossen, dessen Boden durchbohrt, mit einem Platinplättchen versehen ist, und mit dem einen Pole einer Batterie in Verbindung steht. In diese Flüssigkeit taucht man den zu färbenden Gegenstand und hält in geringer Entfernung über denselben in die Flüssigkeit einen Platindraht, der mit dem anderen Pole der Batterie in Verbindung steht; die Farbe erscheint nicht so schnell, als bei Anwendung der Flüssigkeit, ist dagegen schöner und haltbarer.

Auf Stahl lassen sich Pfauenaugen ähnliche farbige Ringe auf folgende Weise herstellen: Man bringt die polirte oder mit Säure abgebeizte Stahlplatte in eine Porcellanschale und übergießt sie mit einer Auflösung von Grünspan in Essig, so daß die Stahlplatte mit der Flüssigkeit vollständig bedeckt ist; berührt man sie nur kurze Zeit mit einem Zinkstäbchen, so bilden sich um die berührte Stelle herum röthliche concentrische Ringe. Man entfernt die Platte aus der Flüssigkeit, trocknet sie ab und erhitzt sie über der Lampe, wo sich sofort die vorher einfärbige Platte mit den schönsten Farben überzieht. Die Art der Farbe ist von der Temperatur abhängig, sie ist häufig goldgelb, blau, orangeroth, violett, bronzefarbig.

§. 408.

Emailliren und Nielliren.

Mit dem Namen **Emailliren** (émailler, *enamelling*) bezeichnet man das Ueberziehen von Metallarbeiten oder aus anderem Material hergestellten, aber feuerbeständigen Gegenständen mit einer weißen oder gefärbten Glasmasse. Das **Email** (Schmelz, émail, *enamel*) ist meist undurchsichtig, seltener durchsichtig. Die Basis eines jeden Email ist ein farbloses bleihaltiges Glas, welches durch Zinnoxyd weiß und undurchsichtig gemacht worden ist. Die gewöhnliche Zusammensetzung ist

2 Th. Zinn } in Oxyd verwandelt,
1 „ Blei }
4 „ feingestoßenes farbloses Glas.

Um dem Email eine Farbe zu ertheilen, wendet man dieselben Metalloxyde an, deren man sich in der Porcellan- und Glasmalerei bedient, so z. B. Kobaltoxydul zu Blau, Chromoxyd und Kupferoxyd zu Grün.

Das feingeriebene Email wird mit Wasser zu einem Brei angerührt und dieser Brei auf der mit Email zu überziehenden Fläche ausgebreitet und eingebrannt.

§. 409.

Zum Emailliren von gußeisernen Geschirren wendet man als Grundmasse folgende Mischung an: 30 Th. Quarzmehl, 16½ Th. Borax und 3 Th. Bleiweiß werden zusammengeschmolzen, wodurch etwa 39 Th. Masse entstehen, welche mit 9 Th. Quarz und dem erforderlichen Wasser feingemahlen und mit 8⅔ Th. geschlämmtem Pfeifenthon und ½ Th. kohlensaurer Magnesia innig gemischt werden. Oder 30 Th. Quarzmehl, 30 Th. feingemahlener Feldspath, 25 Th. Borax, nach dem Schmelzen mit 10¾ Th. Thon, 6 Th. Feldspath und 1¾ Th. kohlensaurer Magnesia gemischt. Die in diese Zusammensetzung eingehenden Zusätze von Thon, Feldspath u. s. w. sollen der Grundmasse die teigige halbgeschmolzene Beschaffenheit ertheilen. Die Deckmasse unterscheidet sich von der Grundmasse dadurch, daß sie viel Zinnoxyd, aber keinen Thon enthält; eine bewährte Masse besteht aus 37½ Th. Quarzmehl, 27½ Th. Borax, 30 Th. Zinnoxyd, 15 Th. calcinirter Soda, 10 Th. Salpeter und 5 Th. kohlensaurer Magnesia.

Ein wohlfeileres und sehr gerühmtes Email aus Schlesien bestand nach einer Analyse von Faißt aus:

	I.	II.
Kieselerde	47,96	42,46
Thonerde	1,19	6,39
Kalk	11,27	0,73
Zinnoxyd	10,68	12,66
Natron	28,51	37,13.

I. Glasur zum Email von rein weißer Farbe, II. Glasur zum Email von röthlicher Farbe. Die Grundmasse besteht zweckmäßig aus 79,83 Th. Kieselerde, 3,39 Th. Thonerde und 15—16 Th. Natron. Das Zinnoxyd möchte vielleicht vortheilhaft durch gefällten schwefelsauren Baryt (Barytweiß, Permanentweiß) zu ersetzen und die Kieselerde und das Alkali in Form von Wasserglas anzuwenden sein.

§. 410.

Eine eigenthümliche Art von schwarzer Emaillirung auf Silber- und Goldarbeiten, namentlich auf Tabatieren, Zifferblätter 2c. ist das Niello, welches aber nicht wie das eigentliche Email ein bleihaltiges Glas, sondern ein geschmolzenes und schwarzes Gemisch verschiedener Schwefelmetalle (gewöhnlich Schwefelsilber, Schwefelblei und Schwefelkupfer) ist, welches in Gravirungen, Guillochirungen oder eingepreßte Zeichnungen eingeschmolzen wird.

Zur Darstellung des Niello schmilzt man Silber, Kupfer und Blei zusammen und bringt dann die Legirung in einen zweiten Tiegel, welcher die doppelte Gewichtsmenge Schwefel enthält und erhitzt, bis sich der Schwefel mit den Metallen verbunden und aller Ueberschuß desselben verflüchtigt hat. Die Masse wird nach dem Erkalten fein gepulvert und mit einer Lösung von Salmiak zu einem Brei angerührt, der in die Zeichnungen eingerieben und nach dem Trocknen eingeschmolzen wird. Nach dem Erkalten wird die Oberfläche geschliffen und polirt. Durch das Einschmelzen ist das Schwefelmetall so fest mit der Unterlage vereinigt worden, daß es auch beim Biegen nicht abspringt.

Die zur Bereitung des Niello angewendeten Gewichtsverhältnisse der Metalle sind sehr verschieden, Plinius giebt an 3 Th. Silber auf 1 Th. Blei, Benvenuto Cellini 16,7 Th. Silber, 33,3 Th. Kupfer, 50 Th. Blei, Wagner und Mention 19,5 Th. Silber, 48,8 Th. Kupfer und 31,7 Th. Blei. Der wesentlichste Bestandtheil des Niello scheint das Schwefelsilber zu sein, dessen Ductilität in Gestalt von Silberglanz so bedeutend ist, daß es in reinen Stücken sich vollkommen prägen läßt. Die Rolle des Schwefelkupfers und Schwefelbleies in dem Niello ist nicht bekannt; es ist möglich, daß der Zusatz dieser Schwefelmetalle das Krystallisiren der Masse verhindert. Einfacher wäre die Operation des Niellirens, wenn man eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd mit Schwefelkaliumlösung fällte, das niedergeschlagene Schwefelsilber auswüsche und im feuchten Zustande auftrüge und nach dem Trocknen auf die gewöhnliche Weise einbrennte.

Unter den niellirten Arbeiten sind die Tuladosen erwähnenswerth.

§. 411.

Dem Nielliren reiht sich an das sogenannte Oxydiren des Silbers (Galvanisiren, Schwarzfärben), welches zur Verzierung häufig vorgenommen wird. Man taucht nämlich die schwarz zu färbenden und polirten Gegenstände in eine sehr verdünnte Lösung von Schwefelkalium oder Schwefelammonium, bis der gewünschte dunkle Farbenton eingetreten ist. Die Gegenstände werden hierauf in Wasser abgespült und durch Glanzschleifen polirt. Eine schwarzbraune Farbe läßt sich dem Silber durch Salmiaklösung, oder durch eine Lösung von Salmiak und Kupfervitriol in Essig ertheilen. Eine tiefschwarze Farbe läßt sich erzielen, wenn man die Silberfläche mit einer Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxydul amalgamirt und dann in die Schwefelleberlösung bringt; in diesem Falle wird der schwarze Ueberzug durch ein Gemisch von Schwefelsilber und Schwefelquecksilber hervorgebracht.

Den in Indien aus Bidery, einer Legirung von Kupfer, Blei und Zinn mit viel Zink[1]) angefertigten Gefäßen giebt man eine schwarze Farbe dadurch, daß man dieselben in eine Auflösung von Kupfervitriol, Salmiak und Kochsalz eintaucht.

§. 412.

Schleifen und Poliren.

Das Schleifen (adoucir. *grinding*) und das Poliren (polissage, *polishing*) sind Operationen, welche als eine Fortsetzung der vorhergehenden Bearbeitung der Metalloberfläche durch die Feile, die Drehbank und den Hobel zu betrachten sind. Bei der ersten Bearbeitung nimmt die angewendete grobe Feile große Späne hinweg, deren Größe in dem Verhältnisse abnimmt, als man darauf Feilen von größerer Feinheit anwendet, bis endlich die Rauhheit und Unebenheit der Oberfläche so weit beseitigt ist, als es überhaupt durch die Feile erreicht werden kann. Auf ähnliche Weise erfolgt bei der Anwendung des Dreheisens oder des Hobels nach und nach eine verhältnißmäßig glatte Metallfläche. Das darauf folgende Schleifen vertilgt, indem es von der Oberfläche noch feinere Metalltheilchen hinwegnimmt, alle durch Feile, Hobel u. s. w. entstandenen Spuren und es entsteht eine gleichförmige Oberfläche, welcher durch das darauf folgende Poliren Glanz ertheilt wird.

§. 413.

Hauptsächliche Schleifmittel sind 1) die bekannten runden und umlaufenden Schleifsteine (Drehsteine, meules) aus hartem und feinkörnigem Sandsteine, an deren Peripherie die an einer Stelle gehaltenen Stahl- und Eisengegenstände abgeschliffen werden, 2) gewisse Varietäten von Thonschiefer, welche entweder mit Wasser (Wassersteine, pierres à l'eau, *water-stones*) oder mit Oel (Oelsteine, pierres à l'huile, *oil-stones*) benetzt werden. Die zum Schärfen von Schneideinstrumenten benutzten Steine heißen Wetzsteine. Der sogenannte türkische oder levantische Oelstein (pierre du levant, *Turkey oil-rubber*) eine dichtkörnige, mit Kieselerde durchsetzte Varietät vom Dolomit ($CaO, CO_2 + MgO, CO_2$), der durch das Tränken mit Oel bedeutend hart wird, dient meist zum Schleifen von Stahl oder Eisen. 3) Der Bimsstein (pierre ponce, *pumice*), das bekannte blasige und dabei sehr harte vulkanische Product, welches auf den liparischen Inseln, auch auf einigen Inseln des griechischen Archipels, auf Island ꝛc.

---

[1]) Vergl. Amtl. Bericht über die Londoner Industrieausstellung im Jahre 1851, Berlin 1853, Bd. III. pag. 269.

sich findet, wird entweder in ganzen Stücken oder als Pulver mit Wasser oder Oel zum Schleifen angewendet. In neuerer Zeit wendet man auch sogenannten künstlichen Bimsstein, ein Conglomerat aus Kieselsand und Wasserglas, letzteres nur als Bindemittel, an. 4) Der Smirgel oder Schmirgel (émeril, *emery*). Der Smirgel der Mineralogen ist von dem Smirgel im technologischen Sinne sehr verschieden. Während der Mineralog mit diesem Namen eine Varietät der krystallisirten Thonerde (Korund, Sapphir, Al_2O_3) bezeichnet, versteht der Technolog darunter ein außerordentlich hartes, zum Schleifen angewendetes Pulver, das seltener ein Gemenge von Smirgel mit Eisenoxyd und Quarz, als ein inniges Gemenge von Quarz mit Eisensand, oder auch von feinkörnigem Granit mit Eisensand, oder Magneteisenstein ist, häufig sogar aus zerstoßenen Eisenschlacken, schwarzgebranntem Eisenkiesel und dgl. besteht. Der Smirgel dient entweder mit Oel vermischt als Schleifpulver oder auch trocken in Gestalt von Smirgelpapier oder Smirgelkattun, an welche sich das Sandpapier, Rostpapier und Glaspapier anschließen. 5) Kohle (Schleifkohle, charbon pour adoucir), gewöhnlich Hollunder- oder Lindenkohle, dient mit Wasser zum Schleifen der nicht zu harten Metalle und giebt eine matte Oberfläche ohne alle Risse.

§. 414.

Das Poliren bezweckt höchste Glätte und Glanz hervorzubringen und zwar durch Beseitigung der auf der Metallfläche vorhandenen Unebenheiten entweder durch Hinwegnahme oder durch Niederdrücken derselben. Es geschieht auf zweierlei Weise. Auf letztere Weise wirkt der Polirstahl (brunissoir, *brunisher*); der Polirstein aus Achat und ähnlichen Steinen und die Kratzbürste (gratte-brosse, *scratch-brush*), ein bürstenähnliches Instrument aus feinem Messingdraht. Alle diese Werkzeuge machen fast stets Streifen und geben einen unangenehmen Glanz und eignen sich für feine Gegenstände nicht. Einen reineren Glanz geben die Polirpulver, welche nach den Schleifpulvern Anwendung finden, um die noch vorhandenen Unebenheiten der Oberfläche hinwegzunehmen. Diese Art des Polirens ist daher als eine Fortsetzung des Schleifens zu betrachten und wird daher auch Glanzschleifen genannt. Meist werden die Polirpulver mit Wasser oder Oel aufgetragen und mit Hülfe von Filz, Wolle, Leder u. s. w. über die zu polirende Fläche geführt.

§. 415.

Die wichtigsten Polirpulver sind folgende:

1) Kreide (craie, *chalk*) im feingeschlämmten Zustande. 2) Tripel (tripoli, *tripoli*) von schmutziggelber oder hellrother, seltener bräunlicher oder

grauer Farbe; man verwendet unter dem Namen Tripel verschiedene Mineralien, so den Tripel der Mineralogen oder Infusorienerde, aus mikroskopischen Kieselpanzern bestehend, den Polirschiefer (Tripelschiefer, Silbertripel), eine stark kieselhaltige Thonerde, häufig auch nur Thonschiefer, der durch brennende Mineralkohlenlager calcinirt worden ist, endlich auch nur von der Natur selbst geschlämmten Bimsstein. Man verwendet den Tripel mit Oel mit Hülfe von Leder oder Wollzeug zum Poliren von Kupfer, Messing, Gold und Silber. Die sogenannte englische Erde (terre pourrie, *rotten-stone*) ist eine sehr feine und leichte Art des Tripels von dunkelgrauer Farbe, welche eben so wie der gewöhnliche Tripel angewendet, aber höher geschätzt wird. 3) Zinnasche, durch Verbrennen von geschmolzenem Zinn an der Luft erhalten, ist oxydulhaltiges Zinnoxyd von schmutziggelber Farbe und dient mit Oel als Polirmittel für Stahlarbeiten. 4) Phosphorsaurer Kalk der Knochen, Knochenerde, Knochenasche, calcinirte Knochen (cendres d'os, *bone-ashes*), gewöhnlich Hammelknochen, die nach dem Weißbrennen gepulvert und geschlämmt wurden; man polirt mit diesem Pulver und Weingeist Goldarbeiten und verwendet es auch trocken oder mit Wasser zum Putzen von Silbergegenständen. 5) Graphit (graphite), die bekannte, stets eisen- und thonhaltige Modification des Kohlenstoffs, ist weniger Polirmittel als Schleifmittel, insofern man es nur zum Schärfen der Rasirmesser anwendet. 6) Kalk als gebrannter oder ungelöschter Kalk (chaux vive, *quick-lime*), durch Glühen von vollkommen weißen, eisen- und kieselfreien Kalksteinen dargestellt und vor der Kohlensäure der Luft geschützt in gut verschlossenen Gläsern aufbewahrt; eine bekannte im Handel sich findende Sorte des Kalkes ist der Wiener Kalk. Mit Weingeist oder Branntwein dient es zum Poliren von Eisen und Stahl, mit Oel zum Poliren von Messing. 7) Eisenroth (Polirroth, Englisch Roth, oxyde de fer, rouge d'Angleterre, *jeweller's red*) ist Eisenoxyd, das man entweder bei der Destillation von rauchender Schwefelsäure aus Eisenvitriol als Rückstand (Colcothar, *caput mortuum vitrioli*), als beim Rösten von Schwefelkies, oder von vorzüglichster Qualität als Glührückstand von oxalsaurem Eisenoxyd erhält. Die geringeren Sorten des Eisenrothes sind gewöhnlich nichts weiter als feingepulverter Blutstein oder Rotheisenstein oder auch nur Bolus oder gebrannter Ocher. Man wendet das Polirroth mit Oel oder mit Branntwein oder Weingeist zum Poliren von Stahl, Messing, Gold und Silber an. 8) Gepulverter und geschlämmter Bimsstein, sehr feiner Smirgel und gepulverter türkischer Oelstein finden gleichfalls als Polirpulver Anwendung.

§. 416.

Aetzen.

Das Aetzen (gravure chimique, *etching*) bezweckt auf einer Metallfläche durch theilweise Behandlung derselben mit einem chemisch wirkenden Lösungsmittel Vertiefungen hervorzubringen, demnach dasselbe, was auf mechanischem Wege durch das Graviren und Guillochiren erreicht wird. Zum Schutze derjenigen Stellen der Oberfläche, die nicht geätzt werden sollen, giebt man der zu ätzenden Metallfläche eine Lage von einer Mischung, welche von dem Aetzmittel nicht angegriffen wird, Aetzgrund (vernis, *etching varnish*) und nimmt ihn darauf an den Stellen, welche geätzt werden sollen, entweder durch Ritzen mit der Radirnadel oder durch Schaben mit einer Messerklinge hinweg. Die zum Aetzen dienende Flüssigkeit wird Aetzmittel (mordant, *mordant*) genannt. Der Aetzgrund besteht aus einer durch Schmelzen vereinigten Mischung aus

1 Loth schwarzem Pech,
1 ,, burgund. Pech,
4 ,, Wachs,
4 ,, Asphalt.

Im Sommer setzt man 5 Loth Asphalt hinzu, um der Masse eine größere Härte zu ertheilen.

§. 417.

Das Aetzen auf Kupfer dient zur Herstellung von Kupferplatten für den Abdruck; man unterscheidet drei Aetzmethoden:

1) das eigentliche Aetzen,
2) die Aquatintamanier,
3) die erhabene Manier.

Das eigentliche Aetzen (früher Radiren mit Scheidewasser genannt) wird auf folgende Weise ausgeführt. Die plattgeschliffene, polirte und sorgfältig abgetrocknete Kupferplatte wird mit einer gleichmäßigen und dünnen Lage von Aetzgrund überzogen und der Aetzgrund gewöhnlich mit einer weißen Farbe (weißer Grund, mit schwachem Leimwasser angerührtes Bleiweiß, Zinkweiß oder Barytweiß) gegeben. Auf den Grund wird die Zeichnung verkehrt aufgebauset und zwar auf den schwarzen Grund mit Röthel, auf den weißen mit Graphit. Die Originalzeichnung wird mit Rothstift auf weißes Papier copirt, die Copie auf die vorgerichtete Platte geklebt, auf der Rückseite mit Wasser befeuchtet und nun mit der Platte durch die Kupferdruckpresse gezogen, wodurch sich die Rothstiftzüge dem Grunde

mittheilen. Nach einem anderen Verfahren bestreicht man die Rückseite der Zeichnung mit Olivenöl, legt die Vorderseite auf den weißen Grund und zieht die Züge der Zeichnung mit einer stumpfen Stahlnadel nach. Darauf wird die Zeichnung mit der Radirnadel, einer in einem Holzstäbchen befestigten Nadel oder einem angeschliffenen Stahlstifte, radirt, d. h. der Deckgrund so weit weggenommen, daß das metallische Kupfer die ganze Zeichnung darstellt; zuweilen wird auch das Kupfer eingerissen. Nach beendigter Radirung umgiebt man die Platte mit einem zollhohen Rande von Wachs, legt sie in den Aetzkasten (die Aetzwiege) und übergießt sie mit dem Aetzwasser. Man verwendet als Aetzflüssigkeit entweder verdünnte Salpetersäure oder eine mit Salpetersäure versetzte Lösung von salpetersaurem Kupferoxyd, welche langsamer, aber reiner ätzt als reine Salpetersäure. Schwarz und Böhme gebrauchen folgende Aetzflüssigkeit: 10 Th. rauchende, käufliche Salzsäure (von 40 Proc. Gehalt), mit 70 Th. Wasser verdünnt, versetzt man mit einer siedenden Lösung von 2 Th. chlorsaurem Kali in 20 Th. Wasser. Die Flüssigkeit hat einen schwachen Chlorgeruch und wird für die Anwendung mit 100 bis 200 Th. Wasser verdünnt; es findet bei der Anwendung dieses Aetzmittels keine Gasentwickelung statt, wodurch bei Benutzung von Salpetersäure die Schärfe der feineren Linien beeinträchtigt werden kann. Eine verdünnte Lösung von Eisenchlorid, durch Mischen von Kupfervitriol oder Grünspanlösung mit Kochsalz oder Salmiak erhalten (welche beiden Flüssigkeiten, indem sie das Kupfer auflösen, in Chlorüre übergehen), sowie von salpetersaurem Silberoxyd hat man gleichfalls zum Aetzen von Kupferplatten vorgeschlagen. Tiefe Stellen werden zwei- bis dreimal geätzt.

§. 418.

Bei der Aquatintamanier werden die Umrisse der Zeichnung auf gewöhnliche Weise geätzt, dann die Platte zum zweiten Male mit einer sehr dünnen Schicht von Aetzgrund überzogen. Nach dem Erhärten löst man ihn mit Hülfe von Terpentinöl, das mit Kienruß gemischt mit und einem Pinsel aufgetragen wird, an allen den Stellen, wo Schattirung angebracht werden soll. Hierauf wird das Korn, ein fein gepulvertes Gemisch aus Mastirharz und Colophonium, mittelst eines feinen Haarsiebes aufgetragen. Damit das Harzpulver dem Kupfer adhärire, pflegt man dasselbe vorher mit einer aus Seife, Zucker und Wasser bereiteten Flüssigkeit zu benetzen. Die Kupferplatte wird darauf vorsichtig über Kohlenfeuer erwärmt, damit die Harztheilchen an das Kupfer anschmelzen, wobei aber das Zerfließen derselben verhütet werden muß. Es wird nun die Platte mit sehr verdünnter Salpetersäure übergossen, welche blos die zwischen den Harz-

körnern unbedeckt gebliebenen Zwischenräume ätzt. Ist der erste Schattenton auf diese Weise hervorgebracht, so reinigt man die Platte, überzieht sie von Neuem mit Deckgrund und arbeitet nun den zweiten Ton hinein, auf welche Weise bis zur Erzielung des gewünschten Tones fortgefahren wird. Nach einer anderen Methode übergießt man die schräg gehaltene Kupferplatte mit einer alkoholischen Lösung von Sandarak oder Mastix und läßt sie dann trocken werden. Das Harz bleibt hierbei als eine von unzähligen Sprüngen durchsetzte Schicht zurück, zwischen denen die Aetzflüssigkeit zu dem Kupfer gelangen kann.

§. 419.

Die erhabene Manier oder Ektypographie unterscheidet sich dadurch, daß nicht die Zeichnung, sondern alle übrigen nicht zur Zeichnung gehörigen Theile der Oberfläche geätzt werden, so daß die Zeichnung als Relief stehen bleibt und deshalb in der Buchdruckerpresse abgedruckt werden kann. Es wird zu dem Ende die fein geschliffene, aber nicht polirte Kupferplatte mit Hülfe eines Pinsels oder einer stählernen Zeichenfeder mit der Zeichnung versehen, wozu ein Firniß, aus gewöhnlichem Aetzgrund, Kienruß und Terpentinöl bestehend, angewendet wird. Nach dem Trocknen wird die Platte mit Salpetersäure stark geätzt. Die nach dieser Methode dargestellten Zeichnungen sind den Holzschnitten ähnlich und lassen sich ebenso wie diese in der Buchdruckerpresse abdrucken.

Um eine Kupferplatte auf galvanischem Wege zu ätzen, wird sie überall mit Aetzgrund überzogen, die beabsichtigte Zeichnung in derselben bis auf das blanke Metall hindurch eingravirt, und darauf als positive Elektrode einer galvanischen Batterie in Kupfervitriollösung einer anderen als negative Elektrode dienenden blanken Kupferplatte gegenübergestellt. Während sich diese mit Kupfer überzieht, wird an den radirten Stellen durch den Sauerstoff des zersetzten Wassers Kupferoxyd gebildet und dieses durch die aus dem Kupfervitriol frei gewordene Schwefelsäure wieder aufgelöst. Die galvanische Aetzmethode hat sich noch keinen Eingang zu verschaffen gewußt, obgleich bei gehöriger Sorgfalt und Aufmerksamkeit die Glätte und Tiefe der Linien viel reiner und regelmäßiger ausfällt als bei dem gewöhnlichen Aetzverfahren.

§. 420.

Das Aetzen auf Stahl geschieht im Allgemeinen wie das Aetzen auf Kupfer. Als Aetzflüssigkeit wendet man an 1) eine wässerige Quecksilberchloridlösung, zu welcher man etwas Weinsäure und einige Tropfen Salpetersäure gesetzt hat; 2) eine Lösung von 2 Th. Jod und 5 Th. Jodkalium in 40 Th. Wasser, für schwächere Wirkungen in 80 Th. Wasser;

3) eine Mischung von 8 Th. Salpetersäure von 1,22 spec. Gewicht mit 120 Th. Alkohol von 80%, zu der man eine concentrirte wässerige Lösung von 1 Th. salpetersaurem Silberoxyd setzt.

Behufs galvanischer Aetzung wird eine Stahlplatte nach vorhergegangener Zubereitung an einem mit dem positiven Pole der Batterie verbundenen Drahte in einen Behälter mit Kochsalzlösung gebracht, wobei die negative Elektrode durch eine zweite Eisen- oder Stahlplatte gebildet wird. Bei der galvanischen Aetzung von Silber wendet man am zweckmäßigsten eine Lösung aus schwefelsaurem Silberoxyd und schwefelsaurem Natron an und als negative Elektrode eine Silberplatte.

Fünfter Abschnitt.

Die Metallpräparate.

§. 421.

In diesem Abschnitt soll die Darstellung der fabrikmäßig gewonnenen wichtigsten Metallpräparate (Bleiweiß, Zinnober, Knallquecksilber, Kupferfarben, Zinkweiß, Blutlaugensalz, Berlinerblau) zur Besprechung kommen.

Bleipräparate.

§. 422.

Bleiweiß.

Das Bleiweiß (céruse, plomb blanc, blanc de plomb, *white lead*) war schon den Alten bekannt; bereits im 4. Jahrhundert v. Chr. beschreibt Theophrast die Zubereitung des Bleiweißes (ψιμύθιον): man setze Blei der Einwirkung von Essig aus, und schabe nach einiger Zeit den sich bildenden Ueberzug ab. Das Abgeschabte zerreibe und behandle man mit Wasser, das aus dem Wasser sich Absetzende sei das Bleiweiß. Dioskorides, Plinius und Vitruvius erwähnen dieselbe Darstellungsweise, obgleich eine Verwechselung des Bleiweißes mit essigsaurem Bleioxyd und reinem Bleioxyd (geglühtem Bleiweiß) nicht selten vorkommt. Bis in das 18. Jahrhundert hinein hielt man das Bleiweiß für eine Verbindung von Bleioxyd mit Essigsäure, bis Bergmann (1774) und Macquer (1778) nachwiesen, daß das Bleiweiß wesentlich kohlensaures Bleioxyd sei. Gegenwärtig ist allgemein bekannt, daß das Bleiweiß basisch kohlensaures Bleioxyd, d. i. eine Verbindung von kohlensaurem Bleioxyd mit Bleioxydhydrat in wechselnden Verhältnissen ist.

§. 423.

Obgleich man heutzutage vier Methoden der Bleiweißfabrikation unterscheidet, nämlich

1) das neuere französische Verfahren von Thénard und Roard,
2) die ältere holländische Methode,
3) die daraus hervorgegangene österreichische Methode,
4) die englische Methode,

so ist doch der chemische Vorgang, durch welchen das Bleiweiß sich bildet, bei allen diesen Methoden ein und derselbe. Läßt man den Wassergehalt des Bleiweißes außer Spiel und betrachtet man das Bleiweiß als kohlensaures Bleioxyd, so läßt sich die Bleiweißbildung durch folgende Schemata anschaulich machen: 1) Es wirken Essigsäuredämpfe oder flüssige Essigsäure auf metallisches Blei oder Bleioxyd im ersteren Falle bei Gegenwart von atmosphärischem Sauerstoff ein, wodurch sich anfänglich neutrales essigsaures Bleioxyd (Bleizucker) und aus diesem durch Aufnahme von größeren Mengen von Bleioxyd basisch essigsaures Bleioxyd (Bleiessig) bildet:

Essigsäure $C_4\,H_4\,O_4$ und Bleioxyd $3\,PbO$ } geben { basisch essigsaures Bleioxyd $C_4\,H_3\,Pb\,O_4,\ 2\,PbO$ und Wasser HO.

Leitet man in die Lösung des basisch essigsauren Bleioxydes (Bleiessig) einen Strom Kohlensäuregas, so entsteht ein weißer Niederschlag, welcher Bleiweiß ist, während in der Lösung wieder neutrales essigsaures Bleioxyd sich befindet:

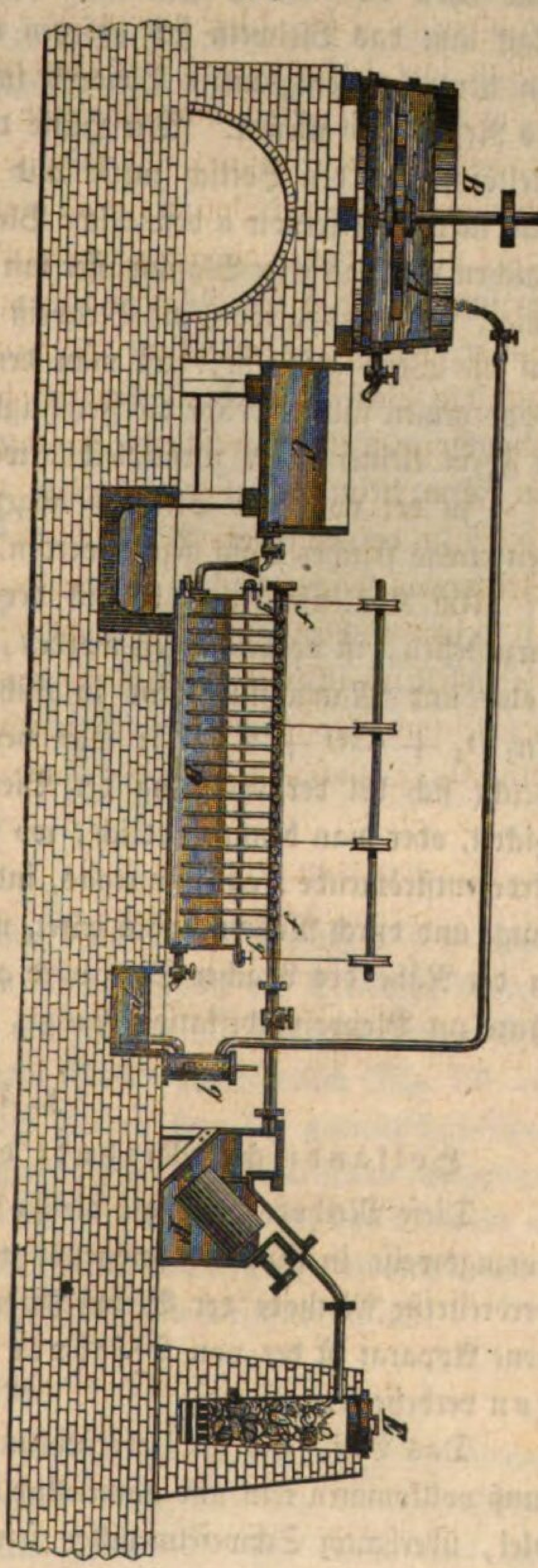
Basisch essigsaures Bleioxyd $C_4\,H_3\,PbO_4,\ 2\,PbO$ und Kohlensäure $2\,CO_2$ } geben { Bleiweiß $2\,PbO,\ CO_2$ und neutral. essigsaures Bleioxyd $C_4\,H_3\,PbO_4$.

Eine sehr kleine Quantität von Essigsäure würde demnach im Stande sein, eine beträchtliche Menge Bleiweiß zu erzeugen, indem die Essigsäure abwechselnd in dem neutralen, darauf in dem basischen und dann wieder in dem neutralen Bleisalze, das immer wieder in basisches übergeführt wird, enthalten ist, wenn nicht das Bleiweiß stets eine geringe Menge von Essigsäure enthielte. Bei der Fällung der Lösung des basisch essigsauren Bleioxydes durch Kohlensäuregas kommt ferner der Umstand in Betracht, daß die Kohlensäure nicht nur das basische, sondern auch das neutrale essigsaure Bleioxyd zu zerlegen vermag und zwar mit um so größerer Leichtigkeit, je verdünnter die Lösung ist. Sehr verdünnte Essigsäure ist nicht im Stande, kohlensaures Bleioxyd aufzulösen. Die eigentliche Rolle der Essigsäure bei der Bleiweißbildung beruht einzig und allein auf ihrer Eigenschaft, mit Bleioxyd ein basisches Salz zu bilden, welches durch Kohlensäure zersetzt wird. Die

Essigsäure kann demnach in der Bleiweißfabrikation durch keine andere organische Säure ersetzt werden, da die anderen Säuren nur neutrale, oder, wenn auch basische, doch unlösliche bilden, welche sich zur Zersetzung und Ueberführung in kohlensaures Bleioxyd nicht eignen.

§. 424.

Fig. 88.



Französische Methode der Bleiweißdarstellung.

Das sogenannte französische Verfahren der Bleiweißfabrikation wurde, von Thénard vorgeschlagen, in größerem Maßstabe zuerst in Clichy bei Paris in der Fabrik von Roard ausgeführt. Fig. 88 zeigt die Einrichtung des daselbst angewendeten Apparates. In dem Bottich A bewirkt man die Auflösung von Bleiglätte in Essigsäure, welche durch den Rührer B befördert wird; aus diesem Bottich fließt die Lösung des basisch essigsauren Bleioxydes in das aus verzinntem Kupferblech bestehende Reservoir C, in welchem sich metallisches Blei, Kupfer und andere unlösliche Substanzen absetzen. Die klare Flüssigkeit fließt aus C in den zur Füllung bestimmten Kasten D, der mit einem gut schließenden Deckel bedeckt ist. Hat der zur Darstellung der Bleilösung dienende Bottich eine Capacität von 20,000 Liter, so faßt der Kasten B, wenn er gegen 1½ Fuß mit der Bleilösung gefüllt ist, gegen 9000 Liter Bleilösung. Durch den Deckel dieses Kastens gehen 800 Röhren g, g bis ungefähr 33 Centimeter tief unter das Niveau der Flüssigkeit. Diese Röhren sind durch die gemeinsame größere Röhre f, f

verbunden, welche wiederum mit dem Waschkasten F in Verbindung steht. In diesem Waschapparat sammelt und reinigt sich die Kohlensäure, welche in einem kleinen Kalkofen E durch die Zersetzung von $2^1/_2$ Vol. Kreide und 1 Vol. Koks unter Mitwirkung der atmosphärischen Luft erzeugt wird. Früher stellte man die Kohlensäure durch Verbrennen von Holzkohle dar. Nach etwa 12—14 Stunden ist die Zersetzung der Bleiflüssigkeit beendigt. Man läßt das Bleiweiß sich absetzen und die darüber stehende klare Lösung von neutralem essigsaurem Bleioxyd in den Kasten p und den Bodensatz in das Reservoir o fließen. Mit Hülfe der Pumpe q pumpt man die neutrale Bleilösung in den Bottich zurück und fängt die Operation von Neuem an. Das in dem Reservoir o befindliche Bleiweiß wird einigemal mit Wasser gewaschen und das erste Waschwasser mit der Flüssigkeit in dem Bottich A vereinigt. Das ausgewaschene Bleiweiß wird getrocknet, welches in der Regel auf die Weise geschieht, daß man den feuchten Brei in kleine Tiegel oder Gypsformen füllt, welche die Feuchtigkeit aufnehmen, so daß das Bleiweiß in Form kleiner Kegel zurückbleibt, welche dann vollends getrocknet werden.

Zu der von dem Bleiweiß abgezogenen Flüssigkeit muß von Zeit zu Zeit etwas frischer Essig gesetzt werden.

Um Kohlensäuregas behufs der Bleiweißfabrikation möglichst billig darzustellen, ist vorgeschlagen worden, ein Gemisch von kohlensaurem Kalk, Kohle und Mangansuperoxyd zu glühen ($CaO, CO_2 + C + 3\,Mn\,O_2 = Mn_3\,O_4 + CaO + 2\,CO_2$); man verwendete früher auch die Kohlensäure, welche sich bei der Gährung der Bierwürze und Branntweinmaische entwickelt, oder man benutzt endlich, wo sich die Gelegenheit darbietet, das der Erde entströmende Kohlensäuregas, indem man es durch ein Pumpwerk aufsaugt und durch Röhren dahin leitet, wo es benutzt werden soll. Bei Brohl in der Nähe des Laacher Sees wird auf diese Weise die vulkanische Kohlensäure zur Bleiweißfabrikation benutzt.

§. 425.

Holländische Methode der Bleiweißdarstellung.

Diese Methode, deshalb die holländische genannt, weil sie früher vorzugsweise in Holland ausgeübt wurde, ist wohl gegenwärtig noch die verbreitetste Methode der Bleiweißfabrikation. Der im Folgenden beschriebene Apparat ist der von Lefebvre in Lille, Hameline und Besançon verbesserte.

Das Blei, das zur Ueberführung in Bleiweiß angewendet werden soll, muß vollkommen rein und namentlich frei von Eisen, Antimon und Schwefelblei, überhaupt Schwefelmetallen sein. Man schmilzt das Blei in einem

eisernen Kessel A (Fig. 89), der unter einem Blechschlot D sich befindet, durch welchen die Bleidämpfe in den Kamin C abziehen können. Eine auf Rollen gehende Schieberthüre gestattet das Abschließen des Schlotes, was besonders bei dem Umschmelzen oberflächlich oxydirter und daher stäubender Bleiplatten zu beachten ist. Sowie das Metall bis über einige Grade über seinen Schmelzpunkt erhitzt worden ist, gießt man es in flache Blechkästen von 3 Fuß Länge und 6 Zoll Breite zu dünnen Tafeln von $^1/_2$ Linie Dicke. Die Tafeln besitzen eine rauhe Oberfläche, was die Oxydation des Bleies

Fig. 89.

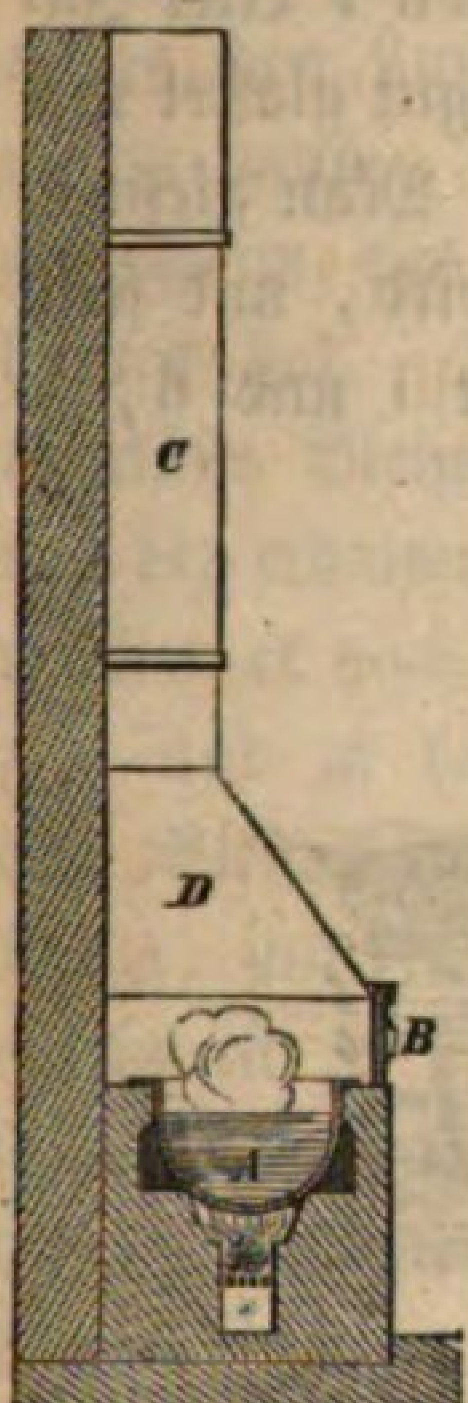


Fig. 90.

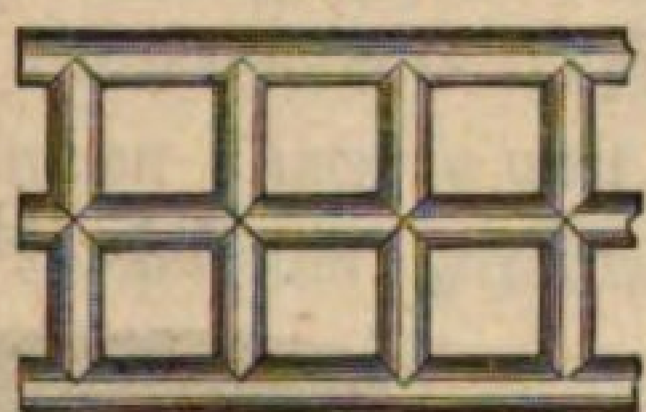
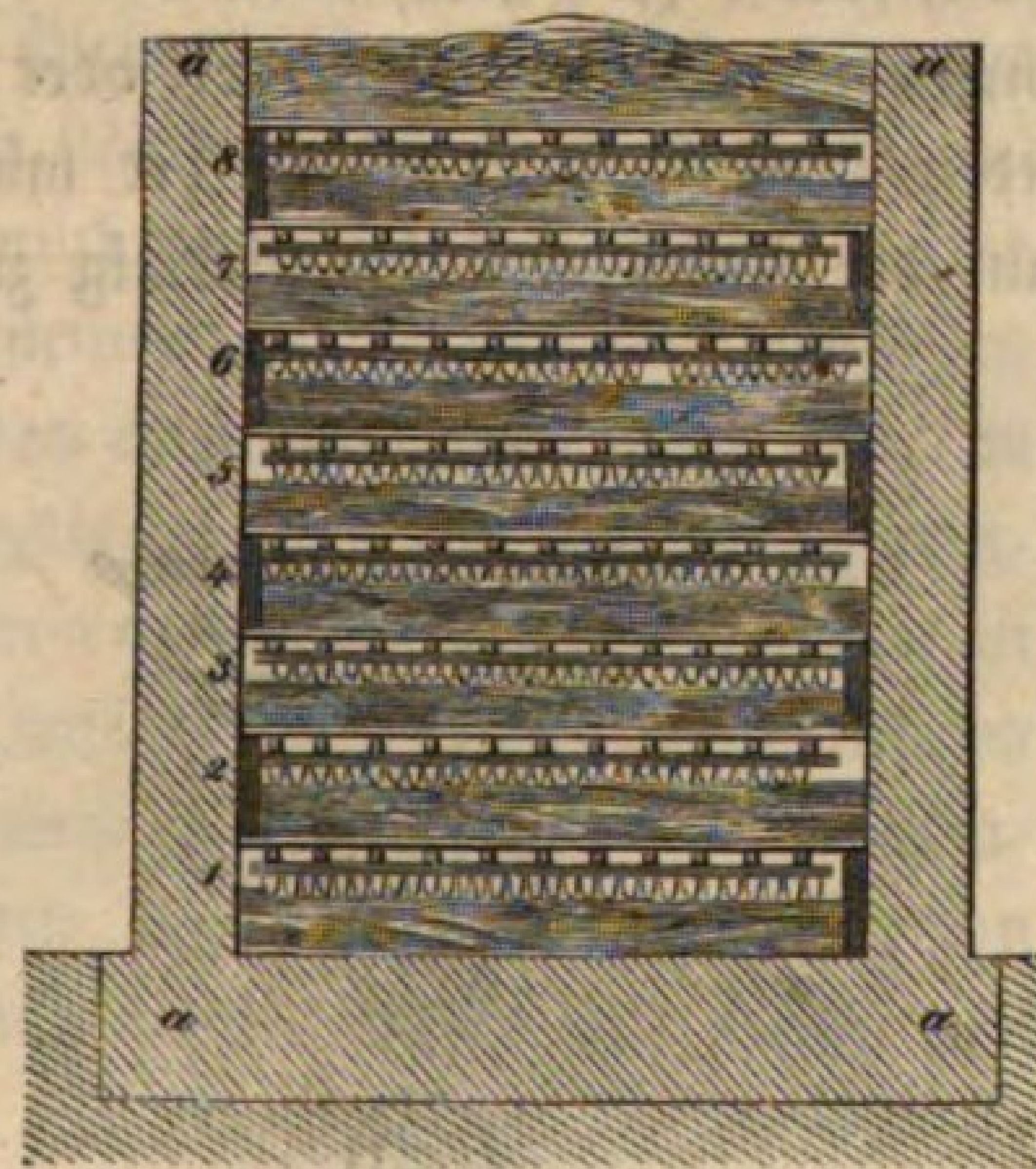


Fig. 91.



außerordentlich befördert. Der Abgang beim Gießen beträgt 4—6 Proc. Eine Tafel wiegt $3^1/_2$—$4^1/_2$ Pfd. Um die Oberfläche des Bleies zu vergrößern, wendet man zuweilen Gießkästen mit rechtwinklig sich schneidenden Vertiefungen an, so daß das Blei nach dem Gießen gitterähnlich (Fig. 90) erscheint. Die Bleibleche oder Bleigitter werden nun der gemeinschaftlichen Einwirkung von Luft, Essigsäure, Wasserdämpfen und Kohlensäure ausgesetzt, wodurch bei einer Temperatur von 36—60° das Blei oxydirt, das Bleioxyd in Bleizucker, dieser in Bleiessig und letzterer endlich in Bleiweiß verwandelt wird, genau auf dieselbe Art wie bei der französischen Bleiweißfabrikation.

§. 426.

Die Mistbäder oder Loogen (fosses), in denen die Bleiweißbildung vor sich geht, sind Kästen oder Kammern (Fig. 91) von 18 Fuß Höhe, 12 Fuß Länge und 12 Fuß Breite und gewöhnlich aus Mauerwerk und

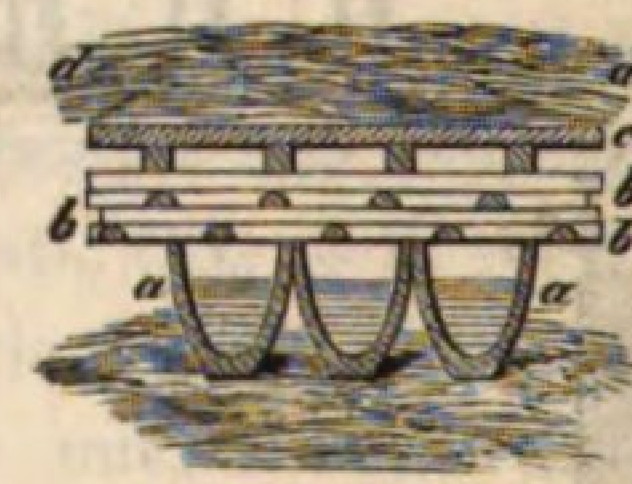
Cement hergestellt. Die Loogen werden auf folgende Weise beschickt: zuerst kommt eine 1 Fuß hohe Schicht von Pferdemist, darauf eine Lage Töpfe (Fig. 92 u. 93), die Töpfe bedeckt man mit 4 Lagen Bleiplatten e, e, e, e, darüber legt man Querhölzer und oben darauf eine Lage von Brettern. Auf diese erste Schicht kommt eine zweite Lage Pferdemist, darauf wieder die beschickten Töpfe u. s. f., bis die Looge angefüllt ist. Die oberste Schicht wird noch mit einer $1\frac{1}{2}$ Fuß dicken Schicht von älterem Pferdemist bedeckt. Damit die Luft circuliren könne, läßt man abwechselnd an der einen und an der anderen Seite einer jeden Schicht einen freien Raum (Fig. 91).

Die Töpfe (Calcinirtöpfe Fig. 92), gewöhnlich von 1 Liter Inhalt, sind 9 Zoll hoch, oben 6—7, unten 4—5 Zoll weit, gut glasirt und inwendig mit einem Kreuzholz oder mit Nasen b, b versehen. Man gießt in jeden Topf $\frac{1}{4}$ Liter Essig, der mit etwas Bierhefe versetzt wird, und stellt auf die Nasen eine spiralförmig zusammengerollte Bleiplatte i und d, so

Fig. 92.



Fig. 93.



jedoch, daß die einzelnen Windungen sich nicht berühren. Bei Anwendung von Bleigittern anstatt der ganzen Bleiplatten wendet man nur halb so hohe Töpfe an, füllt sie zum 4 oder 3ten Theile mit Essig an und legt dann 5—6 Gitter auf die Töpfe (Fig. 93), während sonst die Beschickung ganz dieselbe bleibt. Jede Looge enthält 180—220 Ctr. Blei, welche 80—120 Ctr. Bleiweiß liefern und 80—100 Ctr. Blei metallisch zurücklassen.

So läßt man die Looge etwa 4 Wochen, oder wenn man anstatt des Pferdemistes erschöpfte Gerberlohe anwendete, mindestens 5—6 Wochen lang ruhig stehen. Die Art der Wirkung beider Agentien ist die nämliche: durch die Gährung oder Fäulniß, die in ihnen bei ruhigem Liegen sehr bald Platz greift, entwickeln sich Wärme, Kohlensäure und Wasserdämpfe; durch die Wärme verwandelt sich der in den Calcinirtöpfen befindliche Essig in Dämpfe, es wird das Blei oxydirt und es findet überhaupt die gewöhnliche Reaction statt, durch welche Bleiweiß sich bildet. Leider ist die Reaction nicht gleich-

mäßig, im Innern ist die Temperatur (90—100°) zu hoch und der Luftzutritt zu spärlich, während nach den Wänden zu das Gegentheil stattfindet.

§. 427.

Nach 4—6 Wochen werden die Loogen geöffnet und die Bleispiralen aus den Töpfen genommen, welche zum Theil völlig zerfressen und in Bleiweiß (Schieferweiß, blanc en écailles, blanc d'argent) umgewandelt sind. Die nur theilweise in Bleiweiß übergeführten Platten werden nach dem Aufrollen abgeklopft, was, da der Bleiweißstaub die Gesundheit der Arbeiter in hohem Grade beeinträchtigt, mit großer Vorsicht, am besten mit Hülfe den Luftzug befördernder mechanischer Vorrichtungen vorgenommen werden muß. Man sieht den Proceß der Bleiweißbildung als sehr gelungen an, wenn das im Innern befindliche Blei höchstens die Dicke eines Kartenblattes hat. Das nicht zerfressene Blei wird wieder eingeschmolzen. Das abgelöste Bleiweiß wird zwischen Granitsteinen mit Wasser fein gemahlen und der erhaltene Bleiweißbrei in Töpfe von unglasirtem Thon gebracht, in welchen er nach einigen Tagen so weit abgetrocknet ist, daß er herausgenommen und in der Trockenstube getrocknet werden kann. Häufig setzt man zu dem Bleiweiß kleine Quantitäten von Indigkarmin (indigschwefelsaurem Kali), um den gelblichen Thon des Bleiweiß zu weiß zu ergänzen. Ultramarin ist zu diesem Zwecke nicht anzurathen, da es leicht zur Bildung von schwarzem Schwefelblei Veranlassung geben kann. Das mit Hülfe von Gerberlohe dargestellte Bleiweiß soll nach den Ansichten der Bleiweißfabrikanten ein Bleiweiß von größerer Weiße liefern, als das mit Hülfe von Mist dargestellte, da letzterer während des Faulens Schwefelwasserstoff entwickele. Andere Fabrikanten sind der entgegengesetzten Ansicht und glauben, daß gerade die geringe Menge von Schwefelblei des mit Hülfe von Mist hergestellten Bleiweiß die größere Weiße desselben bedinge. Zuweilen giebt man dem Bleiweiß nach dem Mahlen einen Zusatz von Leimwasser oder Dextrin, um es dichter, und einen Zusatz von einigen Procenten in Wasser gelösten Bleizuckers, um es härter zu machen. Diese Härte, welche von vielen Malern und Tünchern als Zeichen der Güte des Bleiweißes betrachtet wird, verursacht bei seiner Zubereitung als Farbe das langwierige und mühsame Zerreiben. Es würde sich deshalb für den Gebrauch weit geeigneter herstellen lassen, wenn man das Bleiweiß nach dem Mahlen einem Schlämmproceß unterwürfe und als feines Pulver in den Handel brächte.

§. 428.

Oesterreichische Methode der Bleiweißdarstellung.

Eine große Schwierigkeit der holländischen Methode der Bleiweißdar-

stellung liegt darin, sich die erforderliche Quantität von Mist von gleichbleibender Qualität verschaffen zu können, da ein zu alter und demnach bereits zersetzter Dünger nicht die erforderliche Temperatur und die gehörige Kohlensäuremenge liefern kann. Die durch die Anwendung von Mist bedingten Töpfe machen ferner die Fabrikation kostspielig, da durch Bruch, Schadhaftwerden der Glasur, wodurch sie den Essig durchsickern lassen, eine beträchtliche Anzahl Töpfe alljährlich verloren geht. Endlich geht auch die Essigsäure, welche in die Töpfe kommt, gänzlich verloren. Der Mist, der, wie die Erfahrung gelehrt hat, nur zum Theil durch Gerberlohe ersetzt werden kann, hat zweierlei Bestimmung. Einmal soll er durch die bei seiner Fäulniß auftretende Wärme den Essig in Dämpfe überführen, das andere Mal die zur Zersetzung des entstehenden basisch essigsauren Bleioxydes nöthige Kohlensäure liefern. Es liegt demnach auf der Hand, daß zur Hervorbringung dieser Wirkungen der Pferdemist ersetzt werden kann. Dies ist auch in der Bleiweißdarstellung geschehen, welche man nach W. Stein's Vorschlage die österreichische oder deutsche nennt, in der der Gebrauch des Düngers gänzlich beseitigt ist. Das erzielte Product besitzt alle Eigenschaften des holländischen. Diese Methode ist in den österreichischen Bleiweißfabriken zu Wolfsberg und Klagenfurt in Kärnten die allein übliche. Man verarbeitet an den genannten Orten das durch große Reinheit sich auszeichnende Blei von Bleiberg und Villach. Es wird in eisernen Pfannen geschmolzen und zu dünnen Platten von $^1/_4$—$^1/_3$ Linien Dicke, $^2/_3$—1 Fuß Breite und 12—15 Zoll Länge gegossen, indem man eine gewisse Menge des flüssigen Bleies auf eine kalte eiserne Platte fließen läßt und das noch flüssige Blei von dem bereits erstarrten durch Neigen der Platte abfließen läßt. Die Bleiplatte wird abgehoben, die eiserne Platte durch kaltes Wasser abgekühlt und so fortgefahren. Die Oberfläche des Bleies muß möglichst rauh sein, um den Essigdämpfen mehr Angriffspunkte darzubieten und dadurch die Bleiweißbildung zu beschleunigen. Die Bleiplatten werden in der Mitte unter einem spitzen Winkel gebogen und auf Latten gehängt, um so in die Kästen eingesetzt zu werden. Die Kästen sind aus Eichenbohlen gefertigt von einer Länge von $4^1/_2$—5 Fuß, einer Breite von 12—14 Zoll und einer Tiefe von 10 bis 12 Zollen. Seltener sind sie 20 Fuß lang, 14 Fuß breit und $1^1/_2$ Fuß hoch. Der Kasten ist inwendig, besonders an den Fugen und am Boden, ausgepicht. Der Boden eines jeden Kastens ist 2—$2^1/_2$ Zoll hoch mit einer Mischung von Essig, Weinlager und kohlensaurem Kali (letzteres wohl nur durch die sich aus ihm entwickelnde Kohlensäure zur Einleitung der Bleiweißbildung) bedeckt. In diese Kästen wird die Latte mit den Bleiplatten gebracht, in der Art jedoch, daß sich die Platten nicht berühren und von der

Flüssigkeit 3—4 Zoll abstehen. Die so beschickten Kästen werden mit Papier verklebt und kommen dann in die Wärmekammer, eine vierseitige Kammer von Ziegeln, deren Boden mit Cement wasserdicht gemauert ist, sie ist gegen 30 — 36 Fuß lang, 24 Fuß breit und 9 Fuß hoch und kann etwa 80—100 Kästen aufnehmen. Der Zwischenraum, so wie der Boden der Kammer wird mit Lohe oder Sägespänen als schlechten Wärmeleitern ausgefüllt. Die Kammern werden mittelst Dampfröhren nach und nach bis auf 25°, in der zweiten Woche auf 38°, in der dritten auf 45°, in der vierten und fünften auf 50° gesteigert; diese Temperatur wird gleichmäßig unterhalten und aller Luftzutritt abgeschlossen. Die Bleitafeln sind nach der angegebenen Zeit bis auf einen kleinen Rest in Bleiweiß verwandelt. In neuerer Zeit hat man durch eine constante Temperatur von 30—35° den Bleiweißbildungsproceß in längstens drei Wochen beendigt.

§. 429.

Zweckmäßiger und schneller zu Ende führend ist eine directe Zufuhr von Kohlensäure. Die Erwärmung geschieht gewöhnlich mittelst tragbarer Windöfen, auf welchen Holzkohle verbrannt wird, um zugleich die zur Bleiweißbildung erforderliche Kohlensäure zu erzeugen. Die Kammer ist in diesem Falle mit doppelten Wänden versehen, mit Latten durchzogen, auf welchen die Bleiplatten hängen, und die Zwischenräume sind mit einem schlechten Wärmeleiter ausgefüllt. Der Boden der Kammer stellt einen mit Dielen bedeckten wasserdichten Kasten dar, in welchem sich der zu verdampfende Essig befindet, den man dadurch erwärmt, daß man aus einem tiefergelegenen Dampfkessel Essigdämpfe in denselben leitet. Die Dielen sind nach Art der Malzdarren durchlöchert oder auf andere Art zweckentsprechend mit Oeffnungen versehen. Bei dieser Einrichtung fehlt es wegen Mangel an Luftwechsel häufig an Kohlensäure, wodurch große Mengen von neutralem essigsaurem Bleioxyd sich bilden; auch ist man genöthigt, zur Unterhaltung des Feuers öfters in die Kammer zu gehen, was eine Abkühlung nach sich zieht. Es ist daher vortheilhafter, die Heizung durch Dampf oder Wasser oder die heiße Kohlensäure und die Essigdämpfe selbst zu bewirken, indem man die erstere durch Verbrennen von Holzkohle erzeugt und durch die hierbei entstehende Wärme den Essig in Dampf verwandelt, Kohlensäure und Essigdämpfe aber in einem Schornsteine zusammentreten läßt, der mit einem Dache versehen, in die Kammer mündet. Aber auch hierbei geht noch Essigsäure verloren, gewöhnlich entweicht sie durch die Fugen der Fensterladen und der doppelten Thüre. Durch zweckmäßige Einrichtungen wird es indessen möglich werden, wenigstens einen Theil der Essigsäure wieder zu gewinnen. (W. Stein.)

Das gebildete Bleiweiß wiegt in der Regel so viel, als die angewendete Bleiplatte. Das abgekochte Bleiweiß wird in Wasser eingeweicht und durch Schlämmen von dem noch unveränderten metallischen Blei getrennt. Die feinste und theuerste Sorte führt den Namen Kremser- oder Silberweiß (nicht Kremnitzer Weiß), es kommt gewöhnlich in viereckigen Stücken in dem Handel vor. Die geringeren Sorten werden durch Mischen des Bleiweißes mit fein gemahlenem Schwerspath (natürlichem schwefelsaurem Baryt) dargestellt, so besteht z. B.

Venetianer	Weiß aus	1	Th.	Bleiweiß	und	1	Th.	Schwerspath
Hamburger	„	„ 1	„	„	„	2	„	„
Holländer	„	„ 1	„	„	„	3	„	„

§. 430.

Englische Methode der Bleiweißdarstellung.

Mit dem Namen der englischen Methode bezeichnet man zwei Abänderungen der Bleiweißfabrikation. Die eine Methode [1]) steht der holländischen oder österreichischen sehr nahe, nur daß sie ausschließlich Gerberlohe gebraucht und eine andere Art, das Blei den Essigdämpfen auszusetzen, anwendet, die im Allgemeinen mit der in Frankreich angewendeten Methode zusammenfällt. Das Blei wird immer in Gestalt von Gittern angewendet.

Nach der anderen, sogenannten englischen Methode (Verfahren von Button und Dyer, später von Benson verbessert) wird Blei in einem eisernen Kessel geschmolzen und dann auf die Sohle eines Flammenofens gebracht, zu welchem ein Gebläse fortwährend Luft führt. Das Blei zertheilt sich, bietet der Luft eine große Oberfläche dar und fließt zu einer Rinne, deren Seitenwände mit kleinen Oeffnungen versehen sind, durch welche die Bleiglätte abfließt, während das schwerere Blei auf dem Boden der Rinne zurückbleibt. Die fein zertheilte Bleiglätte, welche man auf diese Weise erhält, wird mit $^1/_{100}$ ihres Gewichtes in Wasser aufgelösten Bleizuckers befeuchtet und hierauf in horizontale Tröge gebracht, die oben verschlossen sind und mit einander communiciren. In diesem Zustande wird durch die Bleiglätte ein Strom von unreiner Kohlensäure getrieben, die in einem Flammenofen durch Verbrennung von Koks erzeugt wird. Die Gebläse, welche den Flammenofen speisen, bringen einen hinreichenden Druck hervor, um das Gas durch Röhren, die durch kaltes Wasser abgekühlt werden, bis zur Bleiglätte zu treiben. Durch Dampfkraft in Bewegung gesetzte Krücken rühren das Oxyd

[1]) Vergleiche Richards, Dingl. polyt. Journ. LXXVII. p. 288 und Bayer. Kunst- und Gewerbeblatt 1840 p. 538.

beständig um, um die Bleiweißbildung zu befördern. Ist alle Bleiglätte in Bleiweiß verwandelt, so wird die Masse gemahlen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß auch hier alles Bleioxyd nach und nach von dem Bleizucker aufgenommen und letzterer dadurch in basisch essigsaures Bleioxyd umgewandelt wurde, welches im Augenblicke des Entstehens durch die Kohlensäure wieder zerlegt wird. Anstatt des Bleizuckers ist auch salpetersaures Bleioxyd vorgeschlagen und angewendet worden. Das so erhaltene Bleiweiß besitzt große Deckkraft, trotzdem ist diese Fabrikationsweise wieder verschwunden, da das Product niemals die weiße Farbe des französischen Bleiweiß hat, sich ferner auch die Erzeugungskosten höher stellten.

§. 431.

Hierher gehört auch die Th. Richardson im Jahre 1849 für England patentirte Methode der Bleiweißbildung, nach welcher das feingekörnte mit 1—1,5 Proc. Essig befeuchtete Blei in die vom Boden aus mit Dampf auf etwa 35° erwärmten Fächer eines hölzernen Kastens gebracht wird, in welchen ein Strom von Kohlensäuregas und hinreichend Dampf geleitet wird, um die Atmosphäre im Innern und das Blei eben feucht zu erhalten. Nach 10—14 Tagen soll die Umwandelung vollendet sein.

Nach dem ursprünglichen Verfahren von Wood und Gannal wird granulirtes Blei mit Wasser in einen sechs- oder achteckigen, 6—7 Fuß langen und 1—$1^1/_2$ Fuß im Durchmesser fassenden, säulenförmigen Behälter, welcher aus Bleiplatten verfertigt ist, gebracht, durch schnelle Drehung des Behälters um seine Axe (40—50 Umdrehungen) in feines Metallpulver verwandelt, hierauf oxydirt und das Oxyd dann mit Kohlensäure gesättigt. In der Mitte des Cylinders ist ein Spundloch, durch welches das Material in den Cylinder gebracht wird. An der der Kurbel gegenüberliegenden Seite und in der Axe des Cylinders befindet sich eine Oeffnung, durch welche ein Rohr aus vulkanisirtem Kautschuk lose eingeführt wird. Man bringt 100 Kilogr. granulirtes Blei mit 30 Liter Wasser in den Apparat und schließt das Spundloch. Nach 5 stündiger Umdrehung findet man $^2/_3$ vom Blei in ein äußerst feines Metallpulver verwandelt. Bleibt nun die Seitenöffnung unverschlossen, so oxydirt sich das fein zertheilte Blei zu Oxyd und Oxydhydrat, welches man darauf mittelst des Gebläses, welches dem Bleibehälter Kohlensäure zuführt, in kohlensaures Bleioxydhydrat verwandelt. Die Oxydation wird dadurch beschleunigt, daß man kleine Mengen von Salpetersäure oder salpetersaurem Bleioxyd in den Cylinder giebt. Das fertige Bleiweiß wird auf Zeugfiltern gesammelt, ausgepreßt und in der Wärme getrocknet.

Beigemengte metallische Bleitheilchen oxydiren sich nachträglich, selbst wenn man das Product rasch trocknet.

Ein durchaus ähnliches Verfahren ist 1854 von Versepuy beschrieben und empfohlen worden [1]).

Chenot [2]) hat endlich in neuester Zeit ein eigenthümliches und höchst einfaches Verfahren der Bleiweißfabrikation beschrieben. Man stellt zuerst schwefelsaures Bleioxyd durch vorsichtiges Rösten von Bleiglanz dar; mengt dasselbe sehr innig mit Zink- oder Eisenschwamm, bringt das Gemenge in angesäuertes Wasser und stellt es an einen warmen Ort. Nach etwa 14 Tagen hat sich alles Blei als Bleischwamm ausgeschieden und alles Zink oder Eisen in Gestalt von schwefelsaurem Salz gelöst. Der Bleischwamm wird zuerst mit schwefelsäurehaltigem und darauf reinem Wasser ausgewaschen und nach dem Auswaschen in 1—2 Centimeter dicken Schichten auf Hürden feuchter Luft ausgesetzt. Die Umwandelung in Bleiweiß erfolgt binnen 2—4 Wochen. Das Product ist von ausgezeichneter Weiße und schön sammetartigem Ansehn.

§. 432.

Bleiweißdarstellung durch Fällung von Bleisalzen mittelst kohlensaurer Alkalien.

Die schon häufig vorgeschlagene Methode, Bleiweiß durch Fällen von in Wasser löslichen Bleisalzen (essigsaurem oder salpetersaurem Bleioxyd) vermittelst kohlensaurer Alkalien darzustellen, liefert ein vorzügliches Product sowohl was Weiße als Deckkraft betrifft, allein wegen des hohen Preises der kohlensauren Alkalien und des geringen Werthes der Nebenproducte, so wie wegen der Mühe und Langwierigkeit des Auswaschens des so erhaltenen Bleiweißniederschlages hat diese Fabrikationsmethode keinen Anklang finden können. Es ist jedoch unzweifelhaft, daß sie unter günstigen Verhältnissen hinsichtlich der Rentabilität mit dem französischen Verfahren wird concurriren können.

Ein nicht beachteter, jedoch beachtenswerther Vorschlag ist in dieser Hinsicht schon vor längerer Zeit von v. Emperger gemacht worden, wonach man Bleizucker (aus Bleiglätte und Holzessig dargestellt) mit kohlensaurem Ammoniak fällt und das vom Bleiweiß durch Decantiren getrennte essigsaure Ammoniak mit Bleioxyd gekocht wird, wodurch von Neuem essigsaures Bleioxyd entsteht, während das entweichende Ammoniakgas aufge-

---

[1]) Versepuy, Polytechn. Centralbl. 1854 p. 566.

[2]) Chenot, Journ. f. prakt. Chem. LIX. p. 252.

fangen und durch Kohlensäuregas in kohlensaures Ammoniak übergeführt wird.

§. 433.

Bleiweiß nach Tourmentin, Pattinson und Payen.

In neuerer Zeit hat man das Chlorblei wiederholt zur Bleiweißfabrikation vorgeschlagen. Nach Tourmentin wird basisches Chlorblei (Bleioxychlorid aus Kochsalz und Bleiglätte dargestellt) mit so viel Wasser angerührt, daß ein Strom von Kohlensäure, durch Verbrennung von Holzkohle erzeugt, ohne Schwierigkeit durchgetrieben werden kann. Es bildet sich neutrales Chlorblei und Bleiweiß, wenn die Flüssigkeit mit Kohlensäure gesättigt ist. Die Flüssigkeit wird in einem Bleikessel mit Kreidepulver so lange gekocht, bis alles Chlorblei in kohlensaures Bleioxyd verwandelt ist, was man daran erkennt, daß die abfiltrirte Flüssigkeit durch Schwefelammonium nicht mehr geschwärzt wird. Das entstandene Bleiweiß wird durch Waschen vom Chlorcalcium befreit und geschlämmt.

I)	Bleioxychlorid $PbCl + PbO$ und Kohlensäure CO_2	geben	Kohlensaures Bleioxyd PbO, CO_2 und neutral. Chlorblei $PbCl$;
II)	Neutral. Chlorblei $PbCl$ und Kreide CaO, CO_2	geben	Kohlensaures Bleioxyd PbO, CO_2 und Chlorcalcium $CaCl$.

§. 434.

Hugh Lee Pattinson[1]) verwendet ohne Weiteres basisches Chlorblei als Ersatzmittel für das Bleiweiß. Es wird zu dem Ende möglichst reiner Bleiglanz fein gepocht und mit möglichst concentrirter Salzsäure übergossen; das hierbei sich entwickelnde Schwefelwasserstoffgas wird in einem großen Gasometer von Guttapercha aufgefangen und nachher behufs der Schwefelsäurefabrikation verbrannt. In der Flüssigkeit ist das etwa vorhandene Eisen, Kupfer ꝛc. nebst kleinen Mengen von Chlorblei gelöst, während der größte Theil des Chlorbleies als schwarzgraues Pulver sich abgesetzt hat, das nach dem Abspülen mit kaltem Wasser in siedendes Wasser gebracht wird. Der unlösliche Rückstand enthält außer der Gangart alles in dem Bleiglanz vorhanden gewesene Silber in Gestalt von Chlorsilber. Die heiße Lösung von Chlorblei, welche im Kubikfuß $24\frac{1}{3}$ Loth Chlorblei enthält,

---

[1]) Vergleiche Amtl. Bericht über die Londoner Ausstell. des Jahres 1851; Berlin 1852, Bd. I. pag. 272.

wird mit einem gleichen Volumen gesättigten Kalkwassers vermischt. Es setzt sich sofort ein Niederschlag von basischem Chlorblei ab, welcher von der klaren Flüssigkeit, einer schwachen Chlorcalciumlösung, getrennt, gewaschen und getrocknet wird. Da ein Kubikfuß gesättigtes Kalkwasser $2^1/_3$ Loth Kalk enthält, so wirken die beiden Körper im Verhältniß von CaO : 2 Pb Cl auf einander ein. Pattinson glaubt nun gefunden zu haben, daß unter diesen Umständen der Kalk (oder sein Aequivalent an Kali, Natron, Ammoniak oder Baryt) jedesmal die bestimmte Verbindung Pb Cl + PbO, HO niederschlägt, welche ausgewaschen und getrocknet, als Pattinson'sches Bleiweiß Anwendung findet. Wenn diese Verbindung auch keine Vortheile vor dem gewöhnlichen Bleiweiß voraus haben mag, so spricht schon die Billigkeit bei großem Deckvermögen für ihre Benutzung. Dagegen ist das basische Chlorblei nicht ganz schneeweiß, sondern von einer etwas ins Bräunliche gehenden Farbe, welche aber in allen Fällen, wo das Bleiweiß mit etwas Schwarz oder Blau versetzt werden soll, kaum zu bemerken sein wird. —

Nach der von Payen vorgeschlagenen Methode der Darstellung von Bleiweiß wird das in den Zeugdruckereien in großer Menge als Nebenproduct fallende schwefelsaure Bleioxyd durch Digestion mit einer Lösung von kohlensaurem Alkali in Bleiweiß übergeführt. Am besten eignet sich kohlensaures Ammoniak. Ist das schwefelsaure Bleioxyd hinlänglich fein zertheilt, so geht die Umwandlung in kürzester Zeit vor sich. In der Lösung bleibt schwefelsaures Ammoniak, eine zu vielen Zwecken (zur Alaunfabrikation, Salmiakdarstellung, zu Düngepulver u. s. w.) anwendbare Verbindung. Das abgesetzte kohlensaure Bleioxyd wird ausgewaschen, mit etwa 1 Proc. Bleiessig zusammengerieben, in die übliche Form gebracht und getrocknet. —

§. 435.

Zusammensetzung und Deckkraft des Bleiweißes.

Das Bleiweiß verdankt seine manchfache Benutzung als Farbematerial nicht allein seiner weißen Farbe, sondern auch dem Umstande, daß es die Eigenschaft besitzt, mit austrocknenden Flüssigkeiten (Leinölfirniß, Leimwasser) innig vermischt und in dünner Schicht aufgetragen, einen vollkommen deckenden d. h. undurchsichtigen Ueberzug zu bilden. Dieses Deckvermögen variirt nun je nach der Zusammensetzung und nach der Darstellungsart des Bleiweißes. Nach der allgemein verbreiteten Ansicht und dem praktischen Urtheile der Maler und Anstreicher hat das nach der französischen Methode durch Fällen dargestellte Bleiweiß eine weit geringere Deckkraft als das holländische und österreichische Bleiweiß. Um einen gleich deckenden Ueber-

zug zu erhalten, muß man mit dem französischen Bleiweiß einen Anstrich oder zwei Anstriche mehr auftragen. Ob diese verschiedene Beschaffenheit in der That stets einer verschiedenen Zusammensetzung entspricht, oder ob sie nur die Folge einer abweichenden Darstellungsart ist, darüber läßt sich mit Sicherheit noch nicht entscheiden. Nach W. Stein beruht die verschiedene Beschaffenheit weder auf der chemischen Zusammensetzung, noch auf verschiedener Form und Größe der Atome. Mit Wasser gemischt, erscheinen die kleinsten Theilchen des Bleiweißes unter dem Mikroskope als stets abgerundete, kreisrunde oder ovale Körner von verschiedener Größe, stets durchsichtig und mit einem schattigen Rande versehen; von krystallinischem Gefüge ist bei keiner Sorte auch nur eine Spur wahrzunehmen. Die Größe der Körner, mit dem Mikrometer gemessen, variirt nach Hochstetter zwischen 0,000004—0,000033 eines Pariser Zolls, die meisten haben eine Größe von 0,00001 Pariser Zoll. Die Abweichungen, welche in der Zusammensetzung des holländischen und des französischen Bleiweißes vorkommen, sind kaum größer als die, welche sich zwischen holländischen Sorten von verschiedener Bereitung finden. Die Dichte der verschiedenen Bleiweißarten und Bleiweißsorten ist dagegen verschieden und die Verschiedenheiten sind groß genug, um eine Verschiedenheit in der Deckkraft als möglich erscheinen zu lassen. Das französische Bleiweiß ist specifisch leichter, deshalb absorbirt ein gewisses Volumen dieses Bleiweißes mehr Oel oder Firniß, als ein gleiches Volumen des holländischen Bleiweißes. Das Deckvermögen eines Bleiweißes ließe sich deshalb relativ wohl am einfachsten dadurch ermitteln, daß man die Dichte des Bleiweißes, mit seinem gleichen Volumen Leinöl angerieben, bestimmte.

§. 436.

Nach Mulder's Untersuchungen ist das Bleiweiß eine Verbindung von kohlensaurem Bleioxyd mit Bleioxydhydrat in einem der drei folgenden Verhältnisse:

	Bleioxyd.
$2(PbO, CO_2) + PbO, HO$	86,27 Proc.
$5(PbO, CO_2) + 2(PbO, HO)$	85,86 „
$3(PbO, CO_2) + PbO, HO$	85,45 „

Hochstetter hält die Verbindung $2(PbO, CO_2) + PbO$, im Allgemeinen das holländische Bleiweiß, für die constante Verbindung des kohlensauren Bleioxydes mit dem Bleioxydhydrat, alle übrigen Bleiweißsorten für Gemenge dieser Verbindung mit kohlensaurem Bleioxyd. Er erhielt bei der Analyse von Bleiweißsorten folgende Resultate:

I. u. II. Kremserweiß.

	I.	II.	Ausgewaschen. I.	II.
Bleioxyd	83,77	86,25	83,97	86,55
Wasser	1,01	2,21	0,84	2,21
Kohlensäure	15,06	11,37	15,03	11,27.

Durch das Auswaschen wurde das essigsaure Bleioxyd entfernt.

III. Gefälltes Bleiweiß aus Magdeburg.

		Ausgewaschen.
Bleioxyd	85,93	85,87
Wasser	2,01	2,14
Kohlensäure	11,89	11,77.

Aehnliche Resultate wurden von A. Philipps, Link, Richardson u. A. erhalten.

§. 437.

Gehaltsprüfung des Bleiweißes.

Die gewöhnlichen Bleiweißsorten werden, um sie wohlfeiler zu machen, mit gewissen Zusätzen versehen, von denen man früher Kreide, Alabaster, Gyps, weißen Thon und Schwerspath, zuweilen schwefelsaures Bleioxyd anwendete. Gegenwärtig wird zu diesem Zwecke nur noch fein gemahlener weißer Schwerspath oder auch künstlich dargestellter schwefelsaurer Baryt benutzt. Die Vermischung des Bleiweißes mit Schwerspath gehört nicht eigentlich zu den Verfälschungen, weil sie von den Fabrikanten offen zugestanden wird. In vielen Fabriken geschieht sie sogar in bestimmten Verhältnissen (vergl. Seite 404), welche für gewisse Sorten unveränderlich und bekannt sind. Ein Zusatz von Schwerspath, schwefelsaurem Bleioxyd, Gyps und Thon läßt sich durch Behandeln des Bleiweißes mit verdünnter Salpetersäure oder concentrirter Essigsäure ermitteln, indem nur das wirkliche Bleiweiß sich löst, die Zusätze dagegen zurückbleiben. Die Lösung kann außer dem Bleioxyd auch noch Kalk enthalten, wenn zum Versetzen des Bleiweißes Kreide diente; mit einem großen Ueberschusse von Kali versetzt, schlägt sich in diesem Falle aus der Lösung Kalkhydrat nieder.

Um den Werth des mit Schwerspath versetzten Bleiweißes zu ermitteln, bestimmt W. Stein den Glühverlust, den eine bestimmte Menge Bleiweiß erleidet, indem derselbe in directem Verhältniß zur vorhandenen Menge des kohlensauren Bleioxydes steht. Nach vielen Versuchen mit den verschiedensten Bleiweißsorten variirt derselbe bei unvermischten Proben zwischen 13 und 16 Proc. und beträgt im Mittel 14,5 Proc.

Eine absichtlich dargestellte und gut getrocknete Mischung von

33,3 Th.	Bleiweiß	und	66,6 Th.	Schwerspath	verlor	beim	Glühen	4,5—5	Proc.
66,6 „	„	„	33,3 „	„	„	„	„	6,5—7	„
80 „	„	„	20 „	„	„	„	„	13	„
50 „	„	„	50 „	„	„	„	„	10—14,4	„

§. 438.

Anwendung des Bleiweißes.

Das Bleiweiß wird hauptsächlich mit Oelfirniß angerieben als Maler- und Anstreichfarbe angewendet, außerdem und in geringerer Quantität zu Glaserkitt, zur Darstellung von Mennige, von Leinölfirniß und Leim, zur Glasur, zu Kartenpapier und Pergament, zuweilen zu gewissen Glasmassen u. s. w. Im Dunkeln wird ein Bleiweißanstrich gelb, am Lichte wird die gelbe Farbe wieder gebleicht. Das Gelbwerden rührt zum Theil von einer chemischen Verbindung des Oeles oder der darin enthaltenen Oelsäure mit dem Bleioxyd des Bleiweißes, demnach von einer allmäligen Bleipflasterbildung, zum Theil aber davon her, daß beim Austrocknen des Bleiweißanstriches das leichtere Oel theilweise auf die Oberfläche gelangt, was namentlich bei Anwendung des dichteren holländischen Bleiweißes der Fall ist. Auch durch Schwefelwasserstoffgas wird die Bleiweißfarbe durch Bildung von Schwefelblei dunkler, sogar schwarz. Es ist von Thénard der Vorschlag gemacht worden, die durch Verwandelung des Bleiweißes in Bleisulfuret schwarz gewordenen Oelgemälde durch Behandeln derselben mit einer Auflösung von Wasserstoffsuperoxyd (*eau oxygénée*) zu restauriren, durch dessen Sauerstoff das Bleisulfuret in weißes schwefelsaures Bleioxyd verwandelt wird.

§. 439.

Ersatzmittel für Bleiweiß.

Der Giftigkeit des Bleiweißes und seiner Eigenschaft wegen, mit der Zeit geschwärzt zu werden, hat man schon längst in der Technik nach einem Ersatzmittel des Bleiweißes gesucht. Guyton de Morveau empfahl zu diesem Zwecke weinsauren Kalk, Zinnoxyd und Zinkoxyd, Ruolz Antimonoxyd, durch Erhitzen von Schwefelantimon an der Luft erhalten. Nach den Berechnungen von Ruolz soll sich das Antimonoxyd zu 16—18 fl. pro Centner darstellen; sein Deckvermögen soll mehr als das Doppelte von dem des holländischen Bleiweißes betragen. Es scheint jedoch nicht, als sei das Antimonoxyd in Anwendung gekommen. Göttling, Höpfner, Lampadius und Lassaigne haben von Neuem auf das Zinkoxyd

(Zinkweiß, siehe Zinkpräparate) als Ersatzmittel für das Bleiweiß aufmerksam gemacht. Seit einigen Jahren hat nun die Fabrikation des Zinkweißes einen außerordentlichen Aufschwung genommen und es ist ein hitziger Kampf zwischen Zinkweiß und Bleiweiß entbrannt, an welchem die interessante Erscheinung wahrgenommen worden ist, daß die Fabrikation und der Absatz des Bleiweiß trotz der ungeheuern Fabrikation von Zinkweiß nicht abgenommen haben.

Ein anderer Concurrent ist dem Bleiweiß seit etwa zwei Jahren in dem künstlich dargestellten schwefelsauren Baryt (Barytweiß, Permanentweiß, blanc fix) erwachsen, welcher gegenwärtig bereits in Berlin, Schweinfurt, Mannheim, Mainz, Cöln u. a. O. fabrikmäßig dargestellt wird und als Wasserfarbe in Tapeten-, Buntpapier-, Kartenfabriken u. s. w. täglich größere Aufnahme findet, indem das Barytweiß bei großem Deckvermögen denselben Glanz beim Glätten annimmt als das Kremserweiß.

§. 440.

Was nun den Werth der Ersatzmittel mit dem des Bleiweißes verglichen betrifft, so hat die Erfahrung Folgendes gelehrt:

a) kein anderes für weiße Anstrichfarben verwendetes Material besitzt eine dem Bleiweiß gleichkommende Deckkraft;

b) das Zinkweiß besitzt wohl eine geringere Deckkraft als das Bleiweiß, da meist fünf Zinkweißanstriche erforderlich sind, um einen gleich weißen Anstrich zu erhalten, wie er durch dreimaligen Bleiweißanstrich erlangt werden kann; allein mit 1 Ctr. Zinkweiß reicht man, bei beinahe gleichem Preise, viel weiter als mit 1 Ctr. Bleiweiß. Der Vortheil der größeren Wohlfeilheit, welchen hiernach das Zinkweiß dem Consumenten bieten würde, wird jedoch dadurch zum größten Theile compensirt, daß der Zinkweißanstrich mehr Arbeitslohn und mehr Firniß erfordert. Es berechnen sich die Kosten eines guten Zinkweiß- und Bleiweißanstriches ziemlich gleich;

c) Zinkweiß erfordert etwa 5 Th. trocknendes Oel, während Bleiweiß nur 3 Th. verlangt;

d) für Lackirarbeiten ist das Zinkweiß dem Bleiweiß unbedingt vorzuziehen;

e) Barytweiß deckt mit Oelfirniß angerieben wenig, gut dagegen, wenn es mit gleichen Gewichtstheilen Zinkweiß gemischt ist; als Leimfarbe dagegen in mehreren Schichten dünn mit heller Leimlösung aufgetragen, besitzt es eine Deckkraft, welche der des Kremserweißes am nächsten steht. Bei über 50 Proc. niedrigeren Gestehungskosten und bei dem geringeren specifischen

Gewichte ist der Preis des Barytweißes kaum ein Drittel von dem des Bleiweißes;

f) daß das Barytweiß sich als Oelfarbe nicht wohl eignet, mag darin zum Theil seinen Grund haben, daß es in Folge seiner chemischen Beschaffenheit durch das Oel nicht zersetzt wird, während bei der Anwendung von Zinkweiß und Bleiweiß immer ein kleiner Theil mit der Oelsäure des Firniß zu Zink- oder Bleipflaster sich verbindet, wodurch das Deckvermögen erhöht wird. Ein Oelanstrich mit Barytweiß besteht aus eingetrocknetem und durchsichtigem, also nicht deckendem Oele, gemengt mit Barytweiß; ein Anstrich mit Bleiweiß dagegen aus undurchsichtigem und daher deckendem Bleipflaster, dessen Deckvermögen durch das des beigemengten Bleiweißes erhöht wird; dasselbe gilt vom Zinkweißanstrich;

g) die Vortheile des Zinkweißanstriches gegen den Bleiweißanstrich werden besonders darin gefunden, daß das Zinkweiß durch Schwefelwasserstoff nicht schwarz wird und daß das Zink und seine Verbindungen nicht solch einen nachtheiligen Einfluß auf die Gesundheit der Menschen ausüben, wie das Blei und seine Verbindungen;

h) das Gelbwerden des Oelanstriches rührt indessen weniger von dem Bleiweiß als von dem Oele her; daher dunkelt sogar ein Zinkweißanstrich mehr als ein Bleiweißanstrich, weil das Zinkweiß größere Mengen von Oel bedarf. Wegen des größeren Oelgehaltes eignet sich aber auch der Zinkweißanstrich für Gegenstände, welche den Einflüssen der feuchten Luft ausgesetzt sind, besser als der Bleiweißanstrich;

i) es ist endlich vorgeschlagen worden, das schwefelsaure Bleioxyd, welches häufig als Nebenproduct fällt und wenig geschätzt wird, anstatt des Bleiweißes für weiße Anstrichfarben zu verwenden; das schwefelsaure Bleioxyd kann jedoch nicht das Bleiweiß ersetzen, denn es deckt nur sehr mittelmäßig; als Zusatz anstatt des Schwerspathes muß es letzterem unbedingt nachgestellt werden.

§. 441.

Bleioxyd.

Das **Bleioxyd** PbO (in 100 Th. 92,83 Th. Blei und 7,17 Th. Sauerstoff) findet in der Industrie Anwendung in zweierlei Gestalt, entweder als **Massicot** oder als **Bleiglätte**.

Das **Massicot** (gelbes Bleioxyd, Neugelb, Königsgelb, *massicot*) ist ein gelbes Pulver, häufig mit einem Stich ins Röthliche, welches entweder durch Erhitzen von kohlensaurem oder salpetersaurem Bleioxyd, oder durch Calcination von Blei auf einem Flammenherd gewonnen wird. Vor dem Bekanntwerden des chromsauren Bleioxydes wurde es als gelbe Malerfarbe

angewendet. Es schmilzt in der Rothglühhitze leicht zu einer glasartigen Masse, dem Bleiglas, welches indessen in den meisten Fällen ein Gemisch von geschmolzenem Bleioxyd mit kieselsaurem Bleioxyd ist.

Die Bleiglätte wird als Hüttenproduct bei dem Silberverhüttungsprocesse (vergl. Seite 173) gewonnen. Sie enthält stets größere oder geringere Mengen von Kupferoxyd, etwas Antimonoxyd, auch kleine Mengen von Silberoxyd. Durch Digestion mit einer Lösung von kohlensaurem Ammoniak kann sie von dem beigemengten Kupferoxyd befreit werden.

Das Bleioxyd absorbirt aus der Luft Kohlensäure, in geschmolzenem Zustande verbindet es sich leicht mit der Kieselerde und den Silicaten und bildet mit den letzteren leicht schmelzbare Gläser. Es löst sich in Essigsäure, Salpetersäure, sehr verdünnter Salzsäure, es löst sich ferner in Kali- und Natronlauge durch Kochen auf. In kohlensaurem Ammoniak, kohlensaurem Kali und Natron ist es unlöslich.

Es findet Anwendung in der Glasfabrikation zur Darstellung von Krystallglas, Flintglas und Straß, in der Potterie zu Glasur und als Fluß in der Porcellan- und Glasmalerei, zur Bereitung von Lein- und Mohnölfirniß, von Bleipflaster (ölsaurem Bleioxyd), von Kitt, Mennige und essigsaurem Bleioxyd. Eine Lösung von Bleioxyd in Kali- oder Natronlauge (Kali- oder Natronplumbat) dient zum Schwarzfärben von Horn (namentlich in der Kammfabrikation, um gewöhnlichem Horn das Aussehen von Büffelhorn oder, örtlich angewendet, von Schildkrot zu geben) und von Haaren (zu diesem Behufe nur in sehr verdünnter Lösung anwendbar), sowie in der Metallochromie (vergl. Seite 383).

§. 442.

Mennige.

Die Mennige (minium, *red-lead*), eine chemische Verbindung von Bleisuperoxyd mit Bleioxyd, entsteht, wenn gelbes Bleioxyd (Massicot) unter Zutritt von Luft calcinirt wird, wobei das Bleioxyd etwa 1,5 — 2,56 Proc. Sauerstoff aufnimmt. Im Großen wird sie erzeugt, indem man in einem Flammenofen mit sehr schwachem Luftzuge durch die offene Seitenwand an den heißen Stellen Blei in Massicot, an den minder heißen Stellen letzteres unter beständigem Umrühren in Mennige verwandelt, wie dies z. B. in der Fabrik von Bigaglia in Venedig und Roard zu Clichy bei Paris geschieht.

Der Gang der Fabrikationsmethode ist folgender: Möglichst kupferfreies Blockblei, in den englischen Fabriken ein Gemenge von antimonhaltigem Hartblei und Weichblei, in der Regel ein Quantum von 6—7 Centnern, wird auf den Herd eines Flammenofens mit sehr flachem Gewölbe gebracht und

geschmolzen. Sobald alles Metall flüssig ist, rührt der Calcinirer dasselbe mit einer eisernen Krücke um. In dem Maße, als sich nun das Oxyd in Gestalt einer irisirenden Haut bildet, schiebt er es in den hinteren Theil des Ofens und fährt so fort, bis alles Blei in Massicot übergeführt ist. Dies ist das Calciniren. Um die letzten Metallpartikelchen in Oxyd zu verwandeln, wird das Feuer verstärkt, bis der Ofenraum glühend ist, die Masse kurze Zeit auf die heißere Stelle gebracht, mit der Krücke durchfurcht und gepreßt, darauf wieder in den hinteren Theil gekrückt und so fortgefahren, bis keine Spur von metallischem Blei mehr sichtbar ist. Diese Operation wird das Raffiniren genannt. Man läßt das Feuer ausgehen und bereitet den Ofen zum Reverberiren d. h. zum Ueberführen des Bleioxydes in Mennige vor. Zur Calcination sind höchstens acht Stunden erforderlich. Das Oxyd bleibt bis zum nächsten Tage im Ofen, an welchem es mit Hülfe von eisernen Schaufeln herausgeschafft und zwischen Mühlsteinen aus feinkörnigem Quarz gemahlen und darauf geschlämmt wird. Das dabei zurückbleibende metallische Blei wird zurück in den Calcinirofen gebracht. Zum Mahlen und Schlämmen von $1^1/_2$—$1^3/_4$ Ctr. Bleioxyd braucht man gewöhnlich $1^1/_4$—$1^1/_2$ Stunde. Das gemahlene Massicot wird auf einem Trockenapparat, der sich gewöhnlich über dem Calcinirofen befindet, ziemlich, aber nicht vollständig getrocknet, da erfahrungsmäßig die Mennigebildung leichter vor sich geht, wenn die Masse noch etwas feucht ist. Man bringt das Oxyd in viereckige Kästen aus Schwarzblech, die 4—5 Zoll tief sind und etwa 50—60 Pfd. Massicot fassen. Es wird hierauf das zweite Glühen, das Reverberiren vorgenommen. Ist das Calciniren, d. h. die Oxydation des metallischen Bleies zu Massicot, beendigt, so ebnet der Arbeiter das Oxyd auf der Herdsohle und stellt 18—24 mit geschlämmtem Massicot beschickte Blechkästen darauf. Man giebt gelinde Hitze (300 bis 450°), damit keine Zusammensinterung oder gar Schmelzung eintrete. Während dieser Operation ist Schornstein, Arbeitsthüre, Thüre des Feuerherdes und Aschenfalles sorgfältig verschlossen, um jede einseitige Abkühlung zu vermeiden. Das einmal geglühte rothe Oxyd (Mennige vom ersten Feuer, ein Gemenge von Mennige mit Massicot) wird gesiebt und nochmals geglüht, wodurch verkäufliche Mennige (Mennige vom zweiten Feuer) erhalten wird. Bisweilen glüht man die Mennige ein drittes Mal, wenn man eine recht dunkle Nüance haben will.

§. 443.

Eine andere Mennigesorte, englische oder Orangemennige, Pariserroth (minium orange, m. anglaise), wird einfach durch wiederholtes

oxydirendes Erhitzen von Massicot, durch Glühen von Bleiweiß erhalten, dargestellt.

Die Mennige ist ein hellrothes, ins Orange gehendes Pulver von 8,9 bis 9,09 spec. Gewicht, ist geruch- und geschmacklos, in Wasser unlöslich, verliert durch Glühen bei Abschluß der Luft 1/4 seines Sauerstoffgehaltes und geht dadurch in Bleioxyd über, wird beim Erhitzen mit Salpetersäure in sich auflösendes Bleioxyd und zurückbleibendes braunes Bleisuperoxyd zerlegt.

Da bei der Fabrikation der Mennige die Sauerstoffaufnahme nur allmälig erfolgt, so ist leicht einzusehen, daß die käufliche Mennige immer ein Gemisch ist von eigentlicher Mennige mit gelbem Bleioxyd, und da letzteres aus der Luft Kohlensäure anzieht, auch kohlensaurem Bleioxyd. Die Zusammensetzung der Mennige wird daher von verschiedenen Analytikern auf verschiedene Weise ausgedrückt:

Berzelius u. Thomson geben der Mennige die Formel	PbO_2, PbO	$= Pb_2O_3$
Dumas u. Jacquelain „ „ „ „ „	$PbO_2, 2\,PbO$	$= Pb_3O_4$
Houton-Labillardière „ „ „ „ „	$PbO_2, 3\,PbO$	$= Pb_4O_5$
Mulder „ „ „ „ „	$Pb_2O_3, 2\,PbO$	$= Pb_4O_5$
Longchamp „ „ „ „ „	$PbO_2, 5\,PbO$	$= Pb_6O_7$.

Jacquelain erhielt bei der Analyse verschiedener Mennigesorten folgende Resultate:

	Bleioxyd.	Sauerstoff.
Orangemennige	97,334	2,66
Englische Mennige	97,334	2,66
Hellorangemennige von Roard	97,33	2,67
Mennige Nr. 2 aus Tours	98,134	1,866
Mennige von Roard	98,23	1,77
Deutsche Mennige	98,834	1,166
Mennige von Guerrero	98,667	1,333.

§. 444.

Man benutzt die Mennige theils als Malerfarbe, in der Buntpapierfabrikation und zu vielen Zwecken, wo auch Bleioxyd angewendet werden kann, so namentlich bei der Fabrikation von Krystall- und Flintglas, Fayenceglasur 2c. Der Hauptgrund, warum man Mennige und nicht Bleiglätte anwendet, liegt darin, daß die Mennige, insbesondere die aus Bleiweiß dargestellte, ungleich weniger Kupfer und Eisen als die käufliche Bleiglätte enthält; auch hat der beim Erhitzen der Mennige frei werdende Sauerstoff den Nutzen, die in der Glasmasse vorhandenen organischen Substanzen zu verbrennen und eine theilweise Reduction der Mennige zu vermeiden. Mit Oelfirniß abgerieben, giebt die Mennige einen vorzüglichen Kitt für Dampfleitungsröhren, Gasröhren 2c.

Die Mennige ist bisweilen kupferhaltig, was dieselbe zur Verwendung in der Krystall- und Flintglasfabrikation untauglich macht, weil Kupfer eine bläulichgrüne Färbung veranlaßt. Verfälschungen der Mennige mit Ocker, Ziegelmehl, Colcothar kommen wol gegenwärtig nicht mehr vor, dagegen soll sich in neuerer Zeit schwefelsaurer Baryt (sowol als Barytweiß, als auch als Schwerspath) in der Mennige finden.

§. 445.

Braunes Bleisuperoxyd.

Das braune Bleisuperoxyd (oxyde puce de plomb, *peroxide of lead;* Pb O_2 besteht in 100 Th. aus 86,62 Th. Blei u. 13,38 Th. Sauerstoff) findet gegenwärtig als Bestandtheil der Phosphorzündmasse technische Anwendung.

Man erhält es auf verschiedene Weise. Nach der älteren Methode digerirt man fein geschlämmte Mennige mit verdünnter Salpetersäure, wobei sich salpetersaures Bleioxyd bildet, während Bleisuperoxyd ungelöst zurückbleibt. Giebt man der Mennige die Formel $Pb_3\ O_4$, so läßt sich die Reaction durch folgendes Schema ausdrücken:

Mennige $Pb_3\ O_4$ Salpetersäure 2 NO_5	geben	salpetersaures Bleioxyd 2 PbO, NO_5 Bleisuperoxyd Pb O_2.

Das zurückbleibende Bleisuperoxyd wird durch Auswaschen mit heißem Wasser von allem anhängenden salpetersauren Bleioxyd befreit und getrocknet.

Wöhler empfiehlt das Bleisuperoxyd auf folgende Weise darzustellen: Eine Lösung von essigsaurem Bleioxyd wird mit kohlensaurem Natron gefällt und in die breiförmige Masse Chlorgas geleitet, bis alles Bleioxyd in dunkelbraunes Superoxyd übergegangen ist. Es bildet sich kein Chlorblei, sondern nur Chlornatrium. Auf 4 Th. krystallisirtes essigsaures Bleioxyd kommen 3 Th. krystallisirtes kohlensaures Natron, oder besser etwas mehr.

Kohlensaures Bleioxyd PbO, CO_2 Essigsaures Natron $C_4\ H_3$ Na O_4 Chlorgas Cl Wasser HO	geben	Bleisuperoxyd Pb O_2 Chlornatrium Cl Na Essigsäure $C_4\ H_4\ O_4$ Kohlensäure CO_2.

Zu Darstellungen in größerem Maßstabe empfiehlt Puscher, auf vorstehende Methode fußend, folgende Verfahren:

a) Man reibt 1 Th. reines Bleiweiß mit Wasser zu einem feinen zarten Brei und kocht diesen mit einer klaren Lösung von 1¼ Th. Chlorkalk, bis das Bleiweiß in ein dunkelbraunes Pulver übergegangen ist, welches man durch Auswaschen mit heißem Wasser von beigemengtem Chlorcalcium befreit. Da der käufliche Chlorkalk ungleiche Mengen von unterchloriger Säure enthält, so ist es nothwendig, das ausgewaschene Präparat auf seine

Güte zu prüfen. Entweicht bei der Behandlung desselben mit verdünnter Salpetersäure noch Kohlensäure, so muß er von Neuem mit Chlorkalklösung gekocht werden.

b) Anstatt Bleiweiß kann man auch Massicot oder Mennige auf die angegebene Weise mit Chlorkalklösung behandeln; bei Anwendung von Mennige braucht man nur die Hälfte des Chlorkalkes, um dieselbe vollständig in Bleisuperoxyd überzuführen.

Zeichnet sich letztere Methode durch Wohlfeilheit vor der ersteren aus, so verdient erstere wegen des feinen zarteren Präparates, welches sie liefert, den Vorzug.

Eine in neuerer Zeit vorgeschlagene Methode, Bleioxyd durch Behandeln mit einer Mischung einer Lösung von rothem Blutlaugensalz mit Kali (sogenannte Mercer'sche Aetzflüssigkeit) in Bleisuperoxyd überzuführen, ist unpraktisch und hat gleichen Werth mit einer Vorschrift, nach welcher Bleisuperoxyd durch Oxydation von Bleioxyd mittelst Sauerstoff, erhalten durch Glühen von Bleisuperoxyd, dargestellt werden sollte.

Es ist unzweifelhaft, daß in der Zündrequisitenfabrikation das Bleisuperoxyd keinen Vorzug vor der Mennige oder einem Gemisch derselben mit Mangansuperoxyd verdient.

§. 446.

Bleizucker.

(Neutrales essigsaures Bleioxyd.)

Der Bleizucker (neutrales essigsaures Bleioxyd, acétate de plomb, sucre de plomb, *acetate of lead*, *sugar of lead*, $C_4\ H_3\ Pb\ O_4 + 3\ HO$, in 100 Th. bestehend aus

58,71	Th.	Bleioxyd
27,08	,,	Essigsäure
14,21	,,	Wasser)

wird aus Bleioxyd und starkem Essig oder aus granulirtem Blei u. Essig dargestellt.

Man löst möglichst kupferfreies Bleioxyd, am besten Massicot aus Blockblei erhalten, in der erforderlichen Menge Spiritus- oder Holzessig auf. Die dazu anzuwendenden Pfannen sind entweder von Blei oder von Kupfer, in letzterem Falle setzt man zu der Flüssigkeit einige Stücke metallisches Blei, oder löthet auf den Boden der Kupferpfannen einige Bleistreifen, wodurch eine Verunreinigung des Bleizuckers mit Kupfer vermieden wird. 325 Th. Massicot erfordern zu ihrer Sättigung 575 Th. concentrirten Essigs von 7° B. und der erhaltene Bleizucker beträgt 960 Th. krystallisirten Bleizuckers. Man setzt das Bleioxyd zu dem Essig allmälig, bis Lakmuspapier nur noch schwach geröthet wird, drauf läßt man die Hälfte des Volumens des

angewendeten Essigs in das Gefäß fließen, verdampft die Flüssigkeit, bis sie ein spec. Gewicht von 1,5 erreicht hat und überläßt sie zum Abklären der langsamen Abkühlung. Die Lösung wird dann in die Krystallisirgefäße — gut ausgelaugte Kästen von Kiefernholz — ausgegossen. Die von den Krystallen abgegossene Mutterlauge wird entweder wieder abgedampft und gibt von Neuem Krystalle, oder mit kohlensaurem Natron und Kalk zersetzt, um den aus kohlensaurem Bleioxyd bestehenden Niederschlag bei der neuen Operation in Essigsäure aufzulösen, und verwerthet die überm Niederschlag stehende Flüssigkeit als essigsaures Natron und essigsauren Kalk. Die Bleizuckerkrystalle werden nach dem Abtropfen während des Sommers auf luftigen Böden, während des Winters in geheizten Trockenstuben, deren Temperatur nicht über 30—33° steigen darf, weil außerdem Verflüchtigung von Essigsäure und Verwitterung der Krystalle eintreten würde, auf mit Papier oder Leinwand belegten Horden getrocknet. Der nach dem Auflösen des Bleioxydes bleibende Rückstand besteht gewöhnlich aus Sand, Bleioxyd-Silicat, kleinen Mengen von Silber und Bleisuperoxyd und kann, wenn sich größere Mengen angehäuft haben, zu Gute gemacht werden.

§. 447.

Bérard und nach ihm Runge empfehlen granulirtes oder gewalztes Blei, z. B. die Abfälle von der Bleiweißfabrikation nach holländischer Methode, in mehrere Gefäße zu vertheilen und diese stufenartig über einander zu stellen, so daß die Flüssigkeit aus einem Gefäße in das andere fließen kann. Das oberste Gefäß wird mit Essigsäure gefüllt, diese wird nach Verlauf von einer halben Stunde in das zweite Gefäß gebracht, aus diesem nach einer halben Stunde in das dritte u. s. f. Die Oxydation des Bleies erfolgt schnell unter Wärmeentwickelung und der Essig ist, nachdem er zweimal durch den Apparat gelaufen ist, in eine zum Abdampfen und Krystallisirenlassen geeignete Lösung von essigsaurem Bleioxyd verwandelt. Zweckmäßig wendet man zum Auflösen des Bleies Fässer mit doppeltem Boden an, welche zur Beförderung des Luftzuges ähnlich den Essigständern eingerichtet sind.

W. Stein schlägt vor, Essigdämpfe in die mit wenig Wasser angerührte Bleiglätte zu leiten. Anfänglich findet Verdichtung der Wasserdämpfe statt, weshalb sich die Menge der Flüssigkeit vermehrt. Sobald aber die Temperatur dem Siedepunkt sich nähert, wird nur noch die Essigsäure zurückgehalten, während die Wasserdämpfe entweichen. Die Sättigung schreitet aber nicht nur weiter fort, sondern es entweicht Essigsäure. Sobald man jedoch die Dämpfe nur wenig spannt, vollendet sich die Sättigung schnell ohne Säureverlust.

Ein nicht destillirter, wenn auch farbloser Spiritusessig gibt bei seiner Anwendung zur Bleizuckerfabrikation zwar eine erste Krystallisation von farblosem Salze, aber die zweite Krystallisation fällt weniger schön aus, weil die Flüssigkeit bei dem weiteren Abdampfen eine braune Färbung annimmt. Wichmann empfiehlt nun, eine derartige braun gefärbte Flüssigkeit mittelst Schwefelblei zu entfärben, nämlich der bis zum Krystallisationspunkt eingedampften und dann etwas abgekühlten Flüssigkeit für je 10 Pfund des darin noch enthaltenen Bleioxydes 1 Pfund mit Schwefelwasserstoffgas gesättigten Wassers zuzusetzen, und nach dem Absetzen des Schwefelbleies die nun wasserhelle, etwas freie Essigsäure enthaltende Flüssigkeit abzugießen. Nach Völckel soll man Bleizucker aus unreiner Essigsäure dadurch am besten rein erhalten, daß man die Lösung stark eindampft, so daß nach dem Erkalten nur wenig Mutterlauge bleibt, und die krystallisirte Masse in einem warmen Locale längere Zeit stehen läßt. Die Mutterlauge, aus Bleiverbindungen fremder Stoffe bestehend, steigt so vermöge der Capillarität allmälig auf und trocknet an der Oberfläche der weißen Krystallmasse als eine gefärbte, pflasterartige Masse von geringer Dicke aus, die dann leicht abgenommen werden kann.

§. 448.

Sogenannter brauner Bleizucker wird aus destillirtem Holzessig dargestellt, welchen man in einem Bottich mit Bleioxyd sättigt. Die trübe Lösung wird zum Klären hingestellt und die klare Flüssigkeit in eisernen Pfannen so weit abgedampft, daß sie beim Erkalten krystallisiren würde, und während des Siedens mit dem dreifachen Volumen Wasser unter heftigem Umrühren gemischt. Dadurch wird ein großer Theil der Unreinigkeiten abgeschieden, welche man durch Abschäumen entfernt. Darauf wird die Flüssigkeit von Neuem verdampft und krystallisiren gelassen.

Der Bleizucker krystallisirt in farblosen, schiefen rhombischen Säulen, wenn die Lauge sehr concentrirt war, in kleinen Krystallnadeln, deren Farbe ein wenig ins Gelbliche sich zieht, wenn die angewendete Säure nicht ganz rein war. Die Krystalle schmecken süßlich und zusammenziehend; sie verwittern, lösen sich in $1^2/_3$ Th. Wasser von 15° und in einer geringeren Menge in der Siedehitze, in 8 Th. Alkohol. Die Lösung röthet Lakmuspapier, grünt Veilchensaft und bräunt Curcumapapier. Die Krystalle schmelzen bei 75°. Die geschmolzene Masse erstarrt beim Erkalten strahlig. Ueber 100° erhitzt, gibt der Bleizucker das sauer reagirende Krystallwasser unter Blasenwerfen ab. Ueber 300° zersetzt er sich unter Entwicklung von Essigsäure, Kohlensäure und Aceton. Als Rückstand bleibt fein zertheiltes Blei. Die Lösung des

Bleizuckers wird durch Kohlensäure theilweise zersetzt; es fällt kohlensaures Bleioxyd nieder, während zugleich Essigsäure frei wird, welche das übrige Salz vor der Einwirkung der Kohlensäure schützt. Diese theilweise Zersetzung, die von der Kohlensäure der Luft herrührt, ist an der Oberfläche verwitterter Bleizuckerkrystalle zu beobachten. Mit Bleioxyd digerirt, geht eine Lösung von Bleizucker in Bleiessig (dreibasisch essigsaures Bleioxyd $C_4 H_3 Pb O_4, 2 Pb O$) über.

Der Bleizucker findet in der Industrie häufige Anwendung, so z. B. in der Färberei und Zeugdruckerei, zum Theil zur Herstellung von essigsaurer Thonerde (wobei als lästiges Nebenproduct das oben erwähnte schwefelsaure Bleioxyd entsteht), zum Theil auch als Mordant zur Erzeugung von chromsaurem Bleioxyd. In der Farbenfabrikation dient er zur Darstellung von Chromgelb und Chromzinnober (basisch chromsaures Bleioxyd), bei der Firnißbereitung, um das Trocknen zu befördern u. s. w. In neuerer Zeit hat man in einzelnen Fällen den Bleizucker durch essigsauren Baryt zu ersetzen vorgeschlagen.

§. 449.

Chrompräparate.

Den Ausgangspunkt für die Chrompräparate bildet der Chromeisenstein (Chromeisen, fer chromaté, chromite de fer, *chromate of iron*), ein Mineral, welches theils eingesprengt, theils eingewachsen in Nestern von verschiedener Größe, dann und wann auch in bedeutenderen Lagermassen im Serpentinfels, welches Gestein überhaupt gewöhnlich die Lagerstätte oder den Begleiter des Chromeisensteins ausmacht, zuweilen aber auch im Marmor vorkommt. Deutschland besitzt den Chromeisenstein in mehreren Gegenden, so zu Grochau und Silberberg in Schlesien, Kraubat in Steiermark. Er findet sich ferner in Schottland, Norwegen und Sibirien. Besonders ausgezeichnet ist sein Vorkommen in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, wo er in New-Jersey, Maryland, Pennsylvanien 2c. sich findet.

Der Chromeisenstein besteht wesentlich aus Chromoxyd und Eisenoxydul nach der Formel $Cr_2 O_3, Fe O$; ein Theil des Chromoxydes ist jedoch immer durch Thonerde und Eisenoxyd, des Eisenoxyduls durch Magnesia, Zinkoxyd und auch durch geringe Menge von Chromoxydul ersetzt, ohne daß die ursprüngliche Krystallform des Chromeisensteins, das tesserale Octaëder, eine Veränderung erlitten hat. Dies erklärt sich daraus, daß der Chromeisenstein isomorph ist mit dem Magneteisenstein, Franklinit, Spinell und Gahnit. Der Chromeisenstein ist eisengrau bis pechschwarz, hat ein spec. Gewicht von 4,4

bis 4,5 und wird fast von keiner Säure angegriffen. Sein Werth ist von dem Gehalt an Chromoxyd abhängig.

Eine Varietät aus Pennsylvanien	enthielt	60,04	Proc. Chromoxyd
„ „ „ Steiermark	„	55,50	„ „
„ „ „ Frankreich	„	35	„ „

Aus dem Chromeisenstein stellt man fabrikmäßig dar die chromsauren Kalisalze (rothes und gelbes chromsaures Kali), chromsaures Bleioxyd (neutrales als Chromgelb, basisches als Chromroth oder Chromzinnober), chromsaures Zinkoxyd (Zinkgelb), chromsauren Baryt (Barytgelb), chromsaures Quecksilberoxydul und Chromoxyd.

§. 450.

Aufschließen des Chromeisensteins.

Der Chromeisenstein wird stets zuerst auf chromsaures Kali verarbeitet, aus welchem sodann die übrigen Chrompräparate dargestellt werden. Zu diesem Zweck sucht man das Chromerz möglichst von der Gangart zu trennen, worauf es in einer Mühle mit schweren rollenden Steinen fein gemahlen und gesiebt wird. Für sich ist der Chromeisenstein unschmelzbar, wird er dagegen mit salpetersauren Alkalien geglüht, so oxydirt sich das Chromoxyd ($Cr_2\ O_3$) des Chromeisens zu Chromsäure ($Cr\ O_3$), welche sich mit dem Alkali zu in Wasser löslichem chromsaurem Salze verbindet. Auch mit kohlensauren Alkalien, kohlensaurem Kalk oder Baryt unter Luftzutritt geglüht, bildet sich Chromsäure, deren Bildung aber weit höhere Temperatur und mehr Zeit erfordert, als wenn man zum Aufschließen des Chromeisensteins salpetersaures Kali angewendet hat. Einige Fabrikanten wenden, wenn das herzustellende chromsaure Alkali zur Bereitung von Chromgelb und Chromroth dienen soll, sehr zweckmäßig ein Gemenge von Kalisalpeter mit Soda, oder von Natronsalpeter mit Potasche an. Welche Mischung vorgezogen werden soll, hängt von den Preisen der Materialien ab.

Das fein gemahlene und gesiebte Erz wird mit der Hälfte seines Gewichts trocknen Salpeters oder einer der oben erwähnten Mischungen gemengt und geschmolzen. Früher wendete man hierzu Tiegel an, welche man in einem Tiegelofen erhitzte. Gegenwärtig wendet man allgemein Flammenöfen an, auf deren Herde das Gemenge mehrere Stunden lang heftig gebrannt und dabei umgerührt wird, weil sonst der schwere Chromeisenstein in den dünnflüssigen Alkalisalzen sich absetzen würde. Die geschmolzene Masse besteht aus chromsaurem Kali, kohlensaurem und freiem Alkali, kieselsaurem Kali und Kali-Aluminat als löslichen Bestandtheilen, unaufgeschlossenem Chromeisenstein, Eisenoxyd und Sand als unlöslichen Körpern. Sie wird

mit Wasser ausgelaugt, die Lösung durch Decantiren von den unlöslichen Bestandtheilen getrennt und mit so viel Salpetersäure versetzt, daß das freie Alkali neutralisirt ist; würde eine größere Menge von Säure zugesetzt, so ginge ein Theil des Salzes in rothes chromsaures Kali über. Nachdem Kieselsäure und Thonerde sich abgesetzt haben, wird die klar abgegossene Flüssigkeit so weit eingedampft, daß sich schon während des Eindampfens gelbes chromsaures Kali krystallinisch ausscheidet, das man von Zeit zu Zeit mit einer breiten, siebähnlich durchlöcherten Schaufel herausnimmt und zum Abtropfen in Kästen schlägt. Das Salz wird entweder durch Umkrystallisiren gereinigt oder in rothes zweifach chromsaures Kali übergeführt, indem man die concentrirte Lösung des gelben Salzes mit Salpetersäure, Schwefelsäure, Salzsäure oder roher Essigsäure so lange ansäuert, bis die Flüssigkeit durch schwefelsaures Kupferoxyd nicht mehr gefällt wird. Die durch Abdampfen concentrirte Flüssigkeit gibt beim Erkalten große Krystalle von rothem chromsaurem Kali. Die beim Einkochen der Rohlauge zurückbleibende Mutterlauge wird eingedampft und wenn sie Salpeter enthält, zu der nächstfolgenden Schmelze benutzt.

§. 451.

Calvert schlägt vor, zum Aufschließen des fein gepulverten Chromeisensteins ein Gemenge von 1 Th. salpetersaurem Natron (Chilesalpeter) mit 3 — 9 Th. Natronkalk (ein Gemisch von Aetznatron mit Aetzkalk) anzuwenden. Nach Swindell soll die Aufschließung mit Kochsalz, Chlorkalium oder Kalkhydrat, je nachdem man chromsaures Natron, Kali und chromsauren Kalk darstellen will, bei beginnender Weißglühhitze in einem Flammenofen vorgenommen werden, während ein Strom von sehr heißem Wasserdampf über das öfter umzurührende Gemenge geleitet wird. J. Booth schlägt vor, zuerst das im Chromeisenstein enthaltene oxydirte Eisen durch Glühen des gepulverten Erzes mit $^1/_5$ Holzkohlenpulver zu reduciren und mit Hülfe von verdünnter Schwefelsäure zur Darstellung von Eisenvitriol auszuziehen, und darauf den in Schwefelsäure unlöslichen Rückstand, nach Auswaschen mit Wasser, auf chromsaures Kali zu verarbeiten. Tilghmann empfiehlt chromsaures Kali durch Glühen von Chromeisenstein mit Feldspath und Kalk darzustellen, oder auch durch Glühen von 1 Th. Chromeisenstein mit 2 Th. Kalk und 2 Th. schwefelsaurem Kali.

§. 452.

Jacquelain hat mit Recht empfohlen, das Kalksalz als Ausgangspunkt zur Darstellung der chromsauren Salze zu benutzen, welches bei seiner

Auflöslichkeit in Wasser in den meisten Fällen das chromsaure Kali oder Natron zu ersetzen geeignet ist. Das Verfahren ist folgendes: Man mengt in Fässern, welche sich um ihre größte Axe drehen, Kreide mit Chromeisenstein, dieses Gemenge wird 9 bis 10 Stunden lang in der Rothglühhitze auf der Sohle eines Flammenofens geglüht, wobei man das Gemenge bis zu einer Dicke von 5—6 Centimetern ausbreitet und die Oberfläche von Zeit zu Zeit mit einer Krücke erneuert. Ist der Chromeisenstein aufgeschlossen, was man daran erkennt, daß die Farbe der Schmelze gelblichgrün erscheint und sich, mit Ausnahme von etwas Sand, vollständig in Salzsäure löst, so wird die leicht zerreibliche und poröse Substanz gemahlen, mit heißem Wasser angerührt und dann in die fortwährend umgerührte Flüssigkeit Schwefelsäure gegossen, bis die Flüssigkeit blaues Lakmuspapier schwach röthet. Zu derselben Flüssigkeit setzt man nach und nach geschlämmte Kreide, bis das Eisenoxyd vollständig ausgeschieden ist. Die darüber stehende helle Flüssigkeit wird abgegossen, sie enthält zweifach chromsauren Kalk und etwas Gyps und kann ohne weiteres zur Darstellung von chromsaurem Kali, Chromgelb, Zink- und Barytgelb verwendet werden. Nach einem anderen Verfahren von Jacquelain soll man den gepulverten Chromeisenstein mit 44 Proc. kohlensaurem Kali und 90 Proc. Kreide gemengt, auf 500° erhitzen, die gefrittete Masse in retortenähnlichen Apparaten rösten, durch welche von unten erhitzte Luft strömt, nach vollendetem Rösten die Masse mahlen und das entstandene chromsaure Kali durch wiederholte Behandlung mit siedendem Wasser ausziehen, die concentrirte, von etwa vorhandenem chromsauren Kalk durch Zusatz von kohlensaurem Kali befreite Flüssigkeit zur Bildung von zweifach chromsaurem Kali mit Schwefelsäure versetzen, von dem herauskrystallisirten schwefelsauren Kali abgießen und krystallisiren lassen.

§. 453.

Chromsaure Alkalien.

Das gelbe chromsaure Kali (neutrales oder einfach chromsaures Kali, chromate de potasse, *chromate of potasse*), $KO, Cr O_3$ besteht in 100 Th. aus

51,7 Th.	Chromsäure
48,3 „	Kali

und krystallisirt in citronengelben, doppelsechsseitigen Pyramiden, welche mit dem schwefelsauren Kali isomorph sind, in der Hitze schmelzen, ohne sich zu verändern, sich in etwa 2 Th. Wasser von gewöhnlicher Temperatur, aber nicht in Alkohol lösen und durch organische und Mineralsäuren in zweifach chromsaures Kali übergeführt werden. Das neutrale Salz besitzt ein solches

Färbevermögen, daß 1 Th. desselben noch 40,000 Th. Wasser deutlich gelb zu färben vermag.

Das gelbe Kalisalz kommt mit Kali-Aluminat, Chlorkalium, Salpeter und besonders mit schwefelsaurem Kali verunreinigt vor, von welchem letzteren bis zu 56 Proc. darin gefunden worden sind. Eine derartige Verfälschung ist keineswegs an der blässeren Farbe des Salzes, sondern nur auf chemischem Wege zu erkennen.

Das rothe chromsaure Kali (zweifach oder rothes chromsaures Kali, bichromate de potasse, *bichromate of potasse*), KO, 2 Cr O_3 besteht in 100 Th. aus

68,2 Th. Chromsäure
31,8 „ Kali

und krystallisirt in großen, lebhaft feuerrothen, vierseitigen Tafeln, welche luftbeständig sind, sich in 10 Th. Wasser von mittlerer Temperatur, in $^1/_2$ Th. siedendem Wasser, aber nicht in Alkohol lösen. Die Lösung wirkt in hohem Grade ätzend und giftig. Die Krystalle schmelzen beim Erhitzen und bilden beim Erkalten eine pomeranzengelbe Masse. Bei stärkerem Erhitzen geben sie Sauerstoff ab, während Chromoxyd und gelbes chromsaures Kali zurückbleibt. Tränkt man mit der Auflösung dieses Salzes Papier oder Lein- oder Baumwollgewebe, so glimmen diese nach dem Trocknen, wenn ein Funke darauf fällt, wie Zunder.

§. 454.

Chromsaures Bleioxyd.

Man unterscheidet in der Technik dreierlei Verbindungen der Chromsäure mit dem Bleioxyd, nämlich neutrales chromsaures Bleioxyd (Chromgelb), basisches (Chromroth) und ein Gemenge von neutralem mit basischem (Chromorange).

Das neutrale chromsaure Bleioxyd oder Chromgelb chromate de plomb, *chromate of lead*) Pb O, Cr O_3 besteht in chemisch reinem Zustande in 100 Th. aus

31,1 Th. Chromsäure
68,9 „ Bleioxyd.

Man stellt es auf zweierlei Weise dar: entweder 1) durch Niederschlagen von chromsaurem Kali mit essigsaurem Bleioxyd oder 2) aus schwefelsaurem Bleioxyd oder Chlorblei.

Nach der ersten Methode verfährt man wie folgt: Man stellt zunächst eine Bleiauflösung dar, wozu man sich kleiner Holzbottiche bedient, die terrassenförmig geordnet sind, so daß man den Inhalt des einen durch einen

am Boden befindlichen Hahn leicht in den nächstfolgenden tiefer stehenden Bottich ablassen kann. Man füllt die Bottiche mit gekörntem Blei, schließt die Hähne und gibt in den obersten Bottich eine Füllung von Spiritusessig, der möglichst frei ist von Farbe und Extractivstoff. Nach etwa 10 Minuten öffnet man den Hahn am Boden und läßt die Flüssigkeit in den zweiten, von da in den dritten und vierten Bottich laufen. Der Essig kommt in dem Sammelbottich an, ohne erhebliche Bleimengen aufgenommen zu haben. Es soll auch durch diese erste Operation das Blei nur benetzt und zur Oxydation geneigt gemacht werden. Die Bottiche bleiben ohne Essigfüllung stehen, bis das Blei sich mit einem bläulich weißen Häutchen bedeckt. Der oberste Bottich erhält dann seine Essigladung; nach $^1/_2$—1 Stunde erfolgt die Entleerung des Essigs in den zweiten Bottich u. s. f., bis die gesättigte Bleilösung, basisch essigsaures Bleioxyd enthaltend, unten im Sammelbottich anlangt. Zum Behufe der Chromgelbfabrikation wird die Lauge mit so viel Essig versetzt, daß sie eben sauer zu reagiren beginnt und dann zum Abklären in einen größeren Laugenbottich gebracht.

In einem zweiten Laugenbottich hält man sich eine Auflösung von 50 Pfund zweifach chromsaurem Kali in 500 Liter Wasser vorräthig.

Man gießt von der Bleilauge so lange in die Chromlösung, als noch in letzterer ein Niederschlag erfolgt, wäscht den Niederschlag aus, versetzt ihn, wenn eine ordinäre Sorte Chromgelb hergestellt werden soll, mit Gyps, Schwerspath oder auch Permanentweiß (künstlicher schwefelsaurer Baryt) und trocknet ihn.

Das so dargestellte Chromgelb ist, wenn es nicht versetzt wurde, von dunkelcitronengelber Nüance und von gleicher Zusammensetzung, man mag zum Fällen der Bleilösung rothes oder gelbes chromsaures Kali angewendet haben.

§. 455.

Nach Liebig stellt man Chromgelb aus dem als Nebenproduct bei der Darstellung der essigsauren Thonerde fallenden schwefelsauren Bleioxyd dar, indem man dasselbe mit einer warmen Lösung von gelbem chromsaurem Kali (auf 75 Th. schwefelsaures Bleioxyd 25 Th. des Kalisalzes) digerirt. Je nachdem größere oder geringere Mengen des schwefelsauren Bleioxydes in chromsaures übergeführt wurden, entstehen mehr oder weniger hellgelbe Farben. Nach Habich gibt es zwei Doppelverbindungen von chromsaurem mit schwefelsaurem Bleioxyd, welche den Formeln

$$PbO, CrO_3 + PbO, SO_3$$

und

$$PbO, CrO_3 + 2\,PbO, SO_3$$

entsprechen. Die erste derselben bildet sich, wenn die §. 454 erwähnte Lösung von rothem chromsaurem Kali mit der entsprechenden Menge Schwefelsäure (auf 0,86 Pfd. Chromsäure in der Chromlösung 0,78 Pfd. englischer Schwefelsäure) versetzt und mit der Bleilösung gefällt wird. Der so entstandene Niederschlag vergrößert nach dem Abfiltriren sehr bald sein Volumen und bildet nach dem Trocknen eine äußerst lockere Farbe von großer Schönheit und hellcitronengelber Nüance.

Die zweite Verbindung entsteht, wenn der Schwefelsäurezusatz etwa um das Doppelte erhöht wird. Sie zeigt dieses Aufquellen im feuchten Zustande nicht, sondern bildet nach dem Trocknen eine feurige, fast schwefelgelbe Farbe von feurigem Bruche.

Die erstere dieser Verbindungen dient insbesondere zur Herstellung der ordinären mit Schwerspathpulver vermengten Chromgelbsorten und ist durch hohes Deckvermögen ausgezeichnet, während die zweite sich zur Herstellung brillanter grüner Mischfarben aus Berlinerblau und Chromgelb eignet. Da die Nüancen beider Verbindungen weit auseinander liegen, so ist es einleuchtend, daß man durch entsprechende Abänderung in der Quantität der zugesetzten Schwefelsäure jede beliebige Nüance zwischen Hellorange und Schwefelgelb herstellen kann.

Nach Anthon erhält man ein schönes Chromgelb, wenn man 100 Th. frischgefälltes Chlorblei mit einer Lösung von 27 Th. zweifach chromsaurem Kali digerirt.

Das Chromgelb kommt unter den verschiedensten Benennungen als Parisergelb, Neugelb, Citronengelb, Cölnergelb rc. in dem Handel vor. Es ist in den meisten Fällen mit Schwerspathpulver und schwefelsaurem Bleioxyd, seltener mit Kreide, Gyps und Stärkemehl gemengt. Boutron-Charlard fand bei der Analyse von Cölnergelb (Jaune de Cologne) 20 Th. chromsaures Bleioxyd, 1 Th. schwefelsaures Bleioxyd und 7 Th. Gyps; diese Farbe war von schön gelber Nüance und einem Deckvermögen, welches dem des reinen Chromgelbs nicht nachstand.

Das reine chromsaure Bleioxyd ist geruch- und geschmacklos, unlöslich in Wasser, löslich in überschüssigem Kali und Natron, löslich in verdünnter Salpetersäure, unlöslich in Ammoniak. Beim Erhitzen mit Salzsäure und Alkohol bildet sich grünes Chromchlorür, welches sich in der Flüssigkeit auflöst, während Chlorblei unlöslich zurückbleibt.

§. 456.

Das basisch chromsaure Bleioxyd oder Chromroth (Chromzinnober, österreichischer Zinnober, souschromate de plomb, *subchromate of lead*) 2 Pb O, Cr O_3, bestehend in 100 Theilen aus

18,96 Th. Chromsäure
81,04 „ Bleioxyd,

eine rothe Farbe, welche in neuerer Zeit vielfach als Anstreichefarbe angewendet wird, entsteht aus dem neutralen chromsauren Bleioxyd dadurch, daß man demselben die Hälfte seiner Chromsäure durch Kali, entweder durch Schmelzen mit Salpeter oder durch Kalilauge entzieht.

Nach Liebig und Wöhler stellt man das Chromroth dar, indem man Salpeter (am zweckmäßigsten ein Gemenge nach gleichen Theilen von Kali- und Natronsalpeter) bei ganz schwacher Glühhitze zum Schmelzen bringt und nach und nach in kleinen Antheilen reines Chromgelb einträgt. Beim jedesmaligen Eintragen entsteht starkes Aufkochen von entwickelten Gasen und die Masse wird schwarz, weil das Chromroth schwarz erscheint, so lange es heiß ist. Man fährt mit dem Zusatz von Chromgelb fort, so lange als noch unzersetzter Salpeter übrig ist. Alsdann läßt man den Tiegel einige Minuten lang ruhig stehen, damit sich das Chromroth zu Boden setze, und gießt die noch flüssige, aus chromsaurem Kali und Salpeter bestehende Salzmasse ab, welche wieder zur Bereitung von Chromgelb benutzt werden kann. Die Masse im Tiegel wird mit Wasser ausgezogen und das sich abscheidende Chromroth nach gutem Auswaschen getrocknet. Das so erhaltene Chromroth ist von prächtig zinnoberrother Farbe und besteht aus lauter glänzenden Krystallpartikelchen.

Auf nassem Wege stellt man nach Dulong das Chromroth durch Fällen von essigsaurem Bleioxyd mit einer Lösung von chromsaurem Kali, zu welchem Kali gesetzt worden ist, dar.

Alle Chromrothe, von dem dunkelsten Zinnoberroth bis zur matten Mennigfarbe, unterscheiden sich von einander nur durch die Größe der Krystalle, aus welchen das Pulver besteht. Zerreibt man nämlich Chromroth von der verschiedensten Dunkelheit zu einem gleichförmig feinen Pulver, so resultirt bei allen ein Product von gleicher Dunkelheit und die brillante mit dem Zinnober wetteifernde Farbe ist verschwunden. Soll demnach ein Chromroth von großer Farbentiefe hergestellt werden, so muß man der Krystallbildung Vorschub leisten und insbesondere jede Störung derselben durch Umrühren u. s. w. vermeiden.

Habich empfiehlt zur Darstellung des Chromroths folgendes Verfahren:

Man ermittelt zuerst im Kleinen durch Zusammenbringen von frisch gefälltem und gut ausgewaschenem Chromgelb mit Kali- oder Natronlauge von 20° B., Umrühren und ruhiges Stehenlassen, welche Menge Lauge erforderlich ist, um das dunkelste Chromroth zu erhalten.

Darauf wird in dem Farbebottich die Mischung aus Farbebrei und Aetzlauge nach dem empirisch gefundenen Verhältniß bewirkt, aber das Umrühren sogleich eingestellt, sobald die Mischung geschehen ist. Man nimmt dann urplötzlich die Umsetzung der Bestandtheile, die Bildung der Farbe an der rasch hervortretenden Röthe wahr. Nach etwa 12 Stunden schreitet man zum Abzapfen der Lauge. Sorgfältiges Auswaschen mit reinem Wasser ist erforderlich, es ist aber vorzuziehen, wenn man in dem Bottich nur einmal unter leisem Umrühren auswäscht und die Beendigung dieser Operation auf dem Filter durch kleine Wasseraufgüsse vornimmt, weil dadurch weniger Reibung der Krystalltheilchen an einander stattfindet und somit die Farbe dunkler bleibt.

Daß an ein sehr dunkles, demnach sehr krystallinisches Chromroth bezüglich der Deckkraft keine großen Anforderungen gestellt werden dürfen, liegt auf der Hand.

Gemenge von neutralem und basisch chromsaurem Bleioxyd kommen in verschiedenen Nüancen unter dem Namen Chromorange in den Handel. Man erhält sie durch Fällen von basisch essigsaurem Bleioxyd (Bleiessig) mit chromsaurem Kali, durch Kochen von Chromgelb mit Kalkmilch oder endlich durch Behandeln von Chromgelb mit einer zur Ueberführung in Chromroth nicht hinreichenden Menge Kali. Anthon empfiehlt zur Darstellung von Chromorange 100 Th. Chromgelb mit 55 Th. kohlensaurem Kali oder 12—18 Th. Aetzkalk zu Kalkmilch gelöscht, zu behandeln.

§. 457.

Chromsaures Zinkoxyd.

Das basisch chromsaure Zinkoxyd oder Zinkgelb (chromate de zinc, jaune de zinc, *chromate of zinc*), eine Malerfarbe, welche gegenwärtig häufig anstatt des chromsauren Bleioxydes Anwendung findet, wird durch Fällen einer Lösung von Zinkvitriol oder Chlorzink mit chromsaurem Kali oder durch Digestion von Zinkoxyd mit einer warmen Lösung von chromsaurem Kali in Form eines schön gelben Niederschlages gewonnen. Wendet man zum Fällen der Zinklösung ein Gemenge von chromsaurem Kali mit kohlensaurem Natron an, so erhält man hellere Nüancen von Präparaten, welche aus chromsaurem und kohlensaurem Zinkoxyd bestehen. Beide Farben stehen sehr gut in Oel oder mit Gummi- oder Leimwasser aufgestrichen. Es

löst sich in Ammoniak auf und scheidet sich nach dem Verdampfen des Ammoniaks wieder als unlösliches Pulver aus. Tränkt man daher mit einer solchen Lösung Baumwollgewebe und erhitzt sie hierauf zur Verflüchtigung des Ammoniaks, so bleibt das Zinkgelb in den Fäden zurück und ertheilt ihnen eine gelbe Farbe.

Das im Handel vorkommende Zinkgelb enthält häufig Barytweiß und Barytgelb beigemengt.

§. 458.

Chromsaurer Baryt und chromsaures Quecksilberoxydul.

Der chromsaure Baryt (Barytgelb, gelbes Ultramarin, Gelbin, chromate de baryte, Jaune de Steinbuhl[1]), jaune de baryte, *chromate of barite,*) Ba O, Cr O_3 besteht in 100 Th. aus

40,52 Th. Chromsäure
59,48 „ Baryt

und wird durch Fällen einer Lösung von Chlorbaryum oder salpetersaurem Baryt mittelst chromsauren Kalis als schön gelber Niederschlag erzeugt, der sich in Wasser nicht löst.

Hellere Nüancen von Barytgelb erhält man, wenn man vor dem Fällen der Barytlösung das chromsaure Kali mit einer Lösung von schwefelsaurem Natron oder auch mit verdünnter Schwefelsäure mischt, oder auch Barytweiß (künstlich schwefelsaures Baryt) mit einer Lösung von chromsaurem Kali digerirt.

Das chromsaure Quecksilberoxydul (chromate mercureux, *protochromate of mercure*) Hg_2 O, Cr O_3, nach Andern 4 Hg_2 O, 3 Cr O_3, bestehend nach ersterer Formel in 100 Th. aus

19,83 Th. Chromsäure
80,14 „ Quecksilberoxydul,

durch Fällen von chromsaurem Kali mit salpetersaurem Quecksilberoxydul erhalten, ist ein dunkelziegelrothes Pulver, welches unlöslich ist in Wasser und sich beim Erhitzen unter Hinterlassung von höchst zartem Chromoxyd zersetzt. Es dient in der Porcellanmalerei zur Erzeugung des reinsten Grün.

---

[1]) Das Barytgelb wurde zuerst im Jahre 1846 im Großen in der bekannten Ultramarinfabrik von Zeltner und Heine in Steinbühl bei Nürnberg dargestellt, daher der Name *Jaune de Steinbuhl*.

§. 459.
Chromoxyd.

Das Chromoxyd (Oxide chromique, *protoxide of chromium*) Cr_2O_3, ein für die Porcellanmalerei wichtiges Chrompräparat, läßt sich auf verschiedene Weise darstellen und zeigt, je nachdem die eine oder die andere Methode befolgt wurde, kleine Unterschiede in der Farbenüance. Von außerordentlicher Schönheit und Reinheit erhält man es durch Glühen von chromsaurem Quecksilberoxydul (§. 458). Sonst stellt man es dar, indem man 10 Th. gepulvertes zweifach chromsaures Kali mit 30 Th. Schwefel oder mit 10 Th. Salmiak in einem bedeckten Tiegel erhitzt, bis sich keine Dämpfe und Gase mehr entwickeln, und die zurückbleibende Masse mit Wasser auslaugt, wobei das Chromoxyd zurückbleibt. Im ersteren Falle geht die Reduction der Chromsäure zu Chromoxyd vor sich unter Bildung von schwefliger Säure, schwefelsaurem Kali und Schwefelkalium, im zweiten Falle setzen sich chromsaures Kali und Salmiak um zu Chlorkalium und chromsaurem Ammoniak, welches letztere sofort in Chromoxyd, Wasser und Stickstoff zerfällt. Nach der Methode von Frick wendet man zur Darstellung von Chromoxyd die durch Auslaugen des mit Salpeter aufgeschlossenen Chromeisensteins erhaltene Flüssigkeit, welche außer chromsaurem Kali und unzersetztem Salpeter freies Kali enthält, an und kocht dieselbe mit Schwefel, bis der entstehende grüne Niederschlag von Chromoxyd nicht mehr zunimmt. Hierbei wirkt das entstandene Schwefelkalium reducirend. Der Niederschlag wird ausgewaschen, in verdünnter Schwefelsäure gelöst und aus dieser Lösung durch kohlensaures Natron gefällt, der Niederschlag ausgewaschen, getrocknet und geglüht.

Das Chromoxyd ist, nach einer der angegebenen Methoden dargestellt, ein mehr oder weniger dunkelgrasgrünes und feuerbeständiges Pulver, das selbst das Scharfbrennfeuer der Porcellanöfen aushält, ohne sich zu verändern. Es ertheilt den Glasflüssen eine schöne smaragdgrüne Färbung. Zum Malen auf der Glasur eignet sich besonders das aus chromsaurem Quecksilberoxydul bereitete Chromoxyd, besonders wenn man durch Vermischen des Quecksilbersalzes mit arsenikſaurem Kobaltoxydul und Erhitzen ein Blaugrün bereitet und dasselbe in den erforderlichen Verhältnissen mit Gelb mischt. Auch in der Oelmalerei findet das Chromoxyd als Chromgrün Anwendung.

Von den Chromoxydsalzen ist allein der in dunkelgranatrothen Oktaëdern krystallisirende Chromalaun ($Cr_2O_3, 3\,SO_3 + KO, SO_3 + 24\,HO$) zu erwähnen, welcher mit Kochsalz vermischt, zur Erzeugung von chromgarem (nach Art der alaungaren) Leder, durch essigsaures Bleioxyd zersetzt,

als essigsaures Chromoxyd zum Wasserdichtmachen von Woll- und Baumwollzeugen benutzt worden ist.

Zinkpräparate.

§. 460.
Zinkweiß.

Das **Zinkweiß** (blanc de zinc, *oxide of zinc*) ist Zinkoxyd Zn O und besteht in 100 Th. aus

80,13 Th. Zink
19,87 „ Sauerstoff.

Seiner weißen Farbe und seines Deckvermögens wegen ist es schon in früherer Zeit von mehreren technischen Chemikern als **Morveau**, **Göttling**, **Höpfner** und **Lampadius** als Malerweiß zu Oel- und Wasserfarbe anstatt des Bleiweißes vorgeschlagen worden, indessen ist es erst **Leclair** vor wenigen Jahren gelungen, ein Zinkweiß von solcher Schönheit und billigem Preise herzustellen, daß es, wenigstens zum Theil, das Bleiweiß zu ersetzen vermochte (vergl. Seite 412).

Man benutzt zur Bereitung des Zinkweiß das im Handel vorkommende tafelförmige schlesische oder belgische Zink, welches durch alleiniges Erhitzen an der Luft oxydirt und in Zinkoxyd übergeführt wird. Die dazu angewendeten Oefen und Destillirapparate zeigen die Figuren 94 bis 99. Die zur Destillation des Zinkes in Gebrauch kommenden Retorten sind aus feuerfestem

Fig. 94.

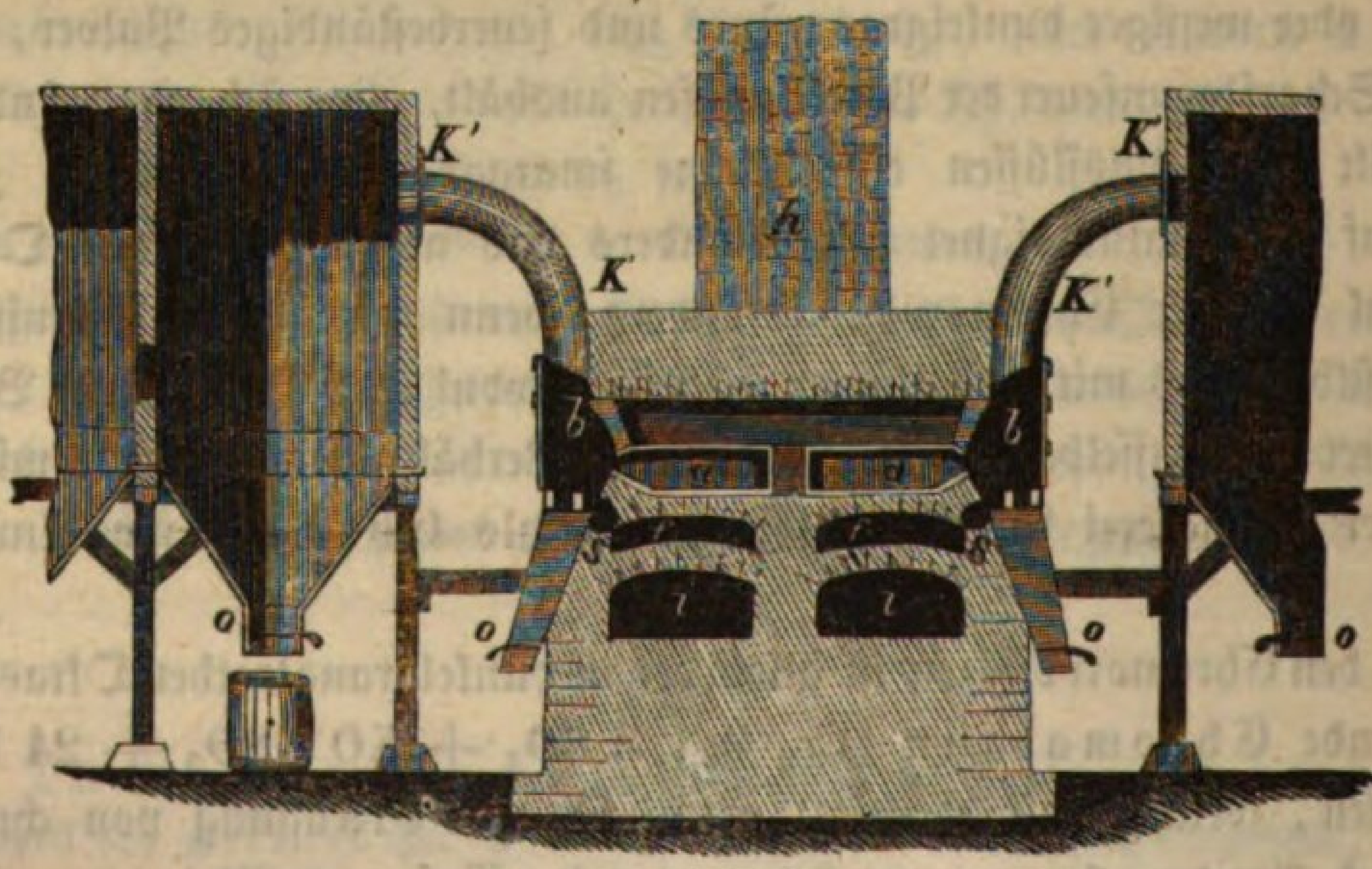


Fig. 95.

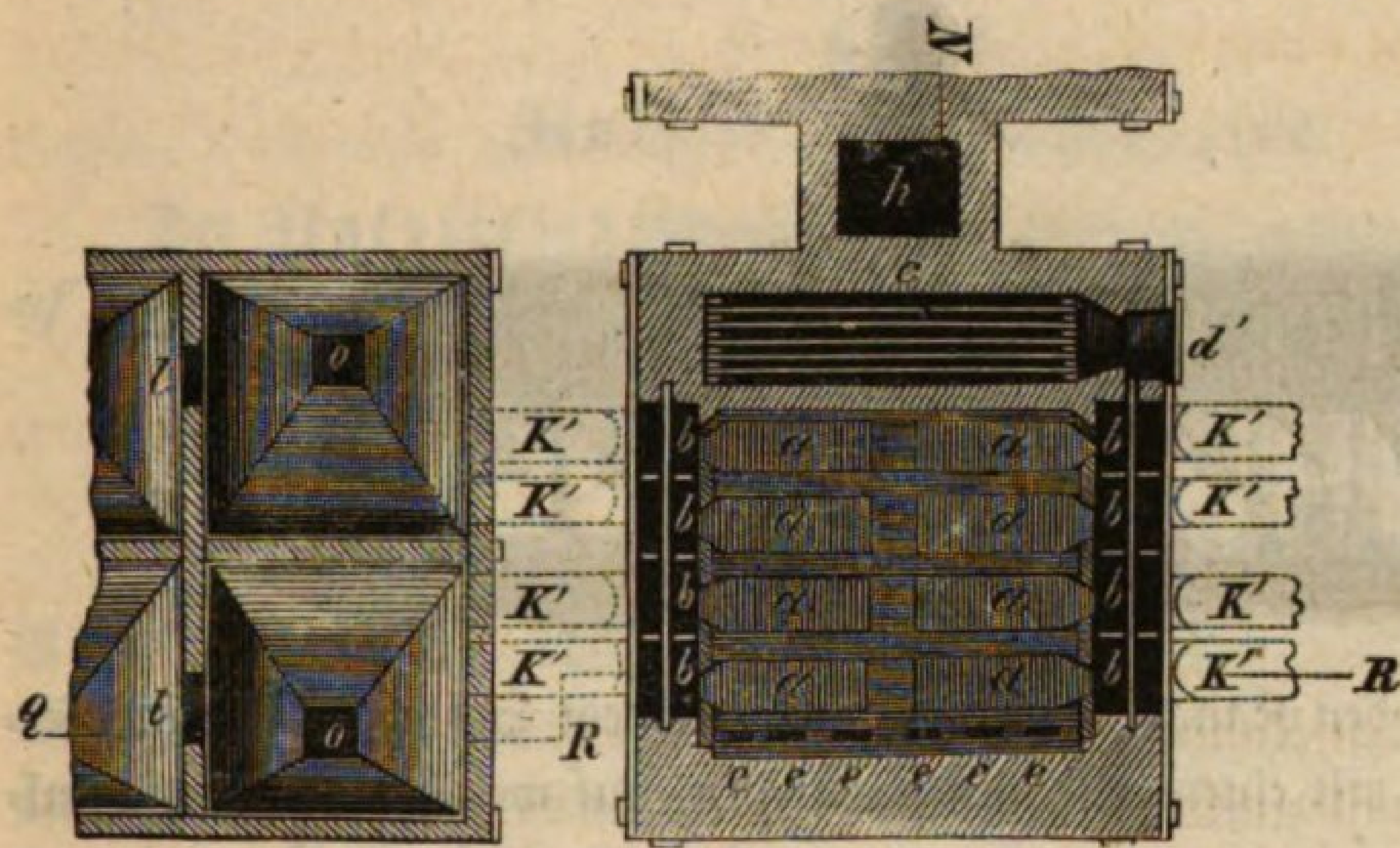
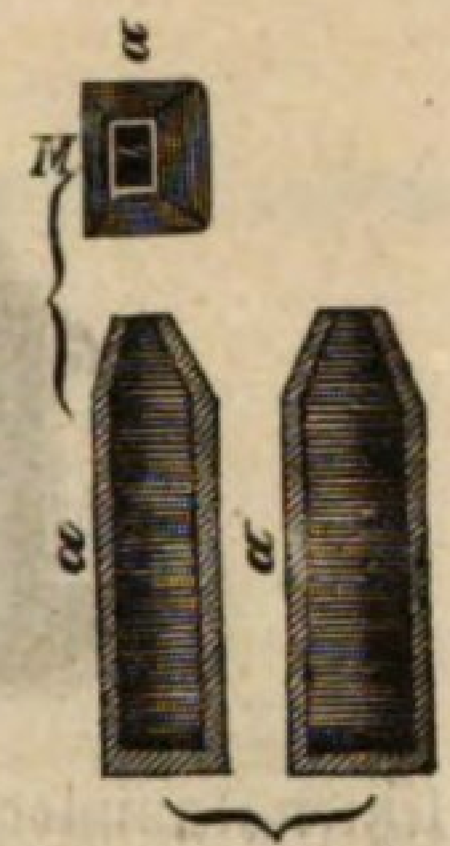


Fig. 96.



Thon und überhaupt den Gasretorten ähnlich. Fig. 96 zeigt uns dieselben im Aufrisse und im Durchschnitte. Durch die Oeffnung der Retorte, das Mundloch, wird die Retorte beschickt und entweichen die Zinkdämpfe. Acht derartige Retorten liegen in zwei rückwärts zusammenstoßenden Flammenöfen (Fig. 97); die Retorten werden vom Feuerraum C aus erhitzt, die Flamme geht von den Retorten durch die Feuerlöcher e, e und endlich durch f, g in den Schornstein h. Sobald die Retorten bis zum Weißglühen erhitzt worden sind, beschickt man jede Retorte mit ein bis zwei Zinktafeln. Das Zink verwandelt sich in Dämpfe, welche durch das Mundloch h entweichen. Sofort nach ihrem Austritte aus der Retorte verbrennen die Zinkdämpfe durch einen bis auf etwa 300° erwärmten Luftstrom, welcher gerade unterhalb des Mundloches der Retorte ausmündet. Das so entstandene, äußerst lockere Zinkweiß wird durch den Luftstrom durch das Rohr K in die Kammern I geführt, in welchen es sich nach und nach absetzt.

Fig. 97.

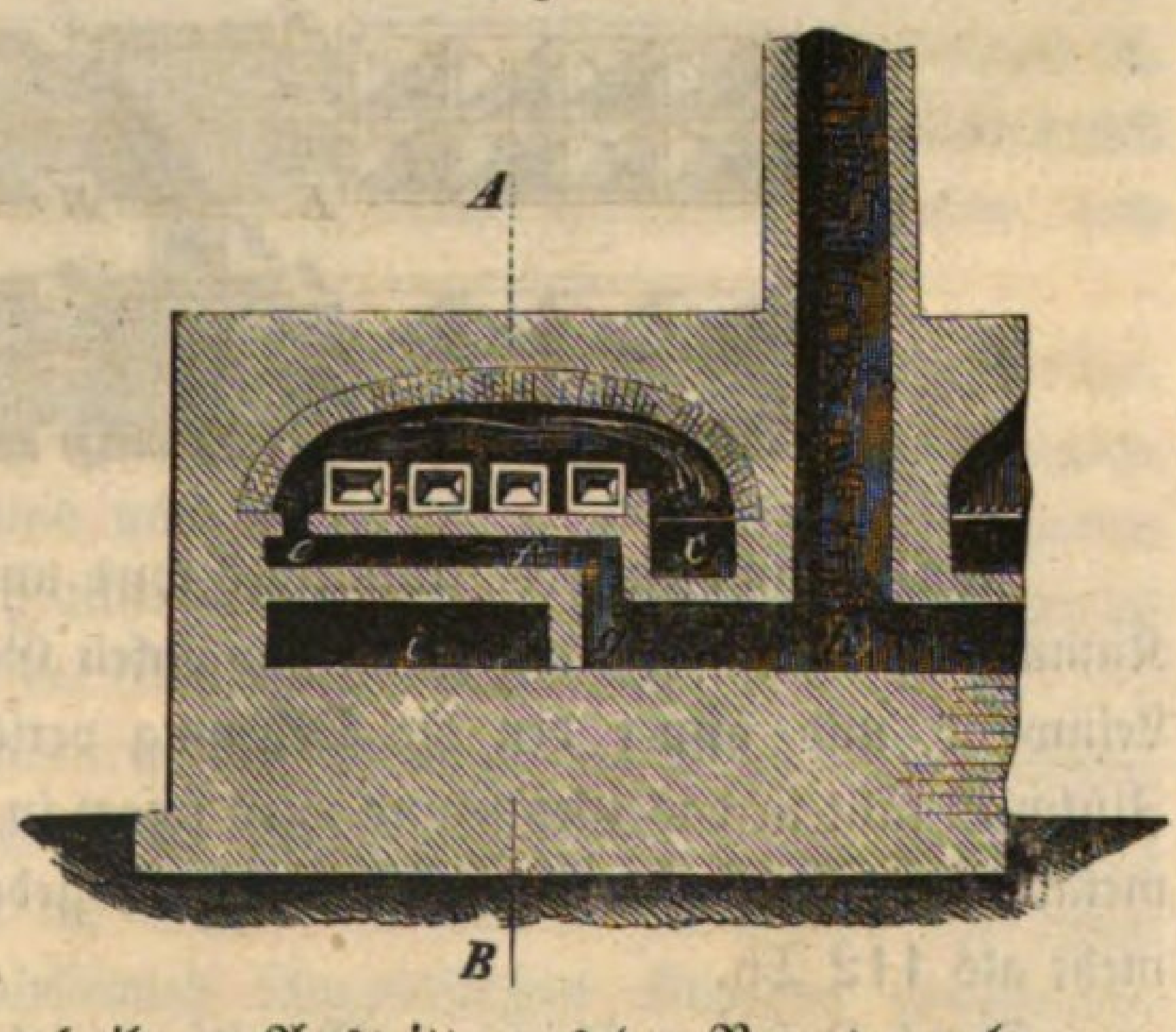
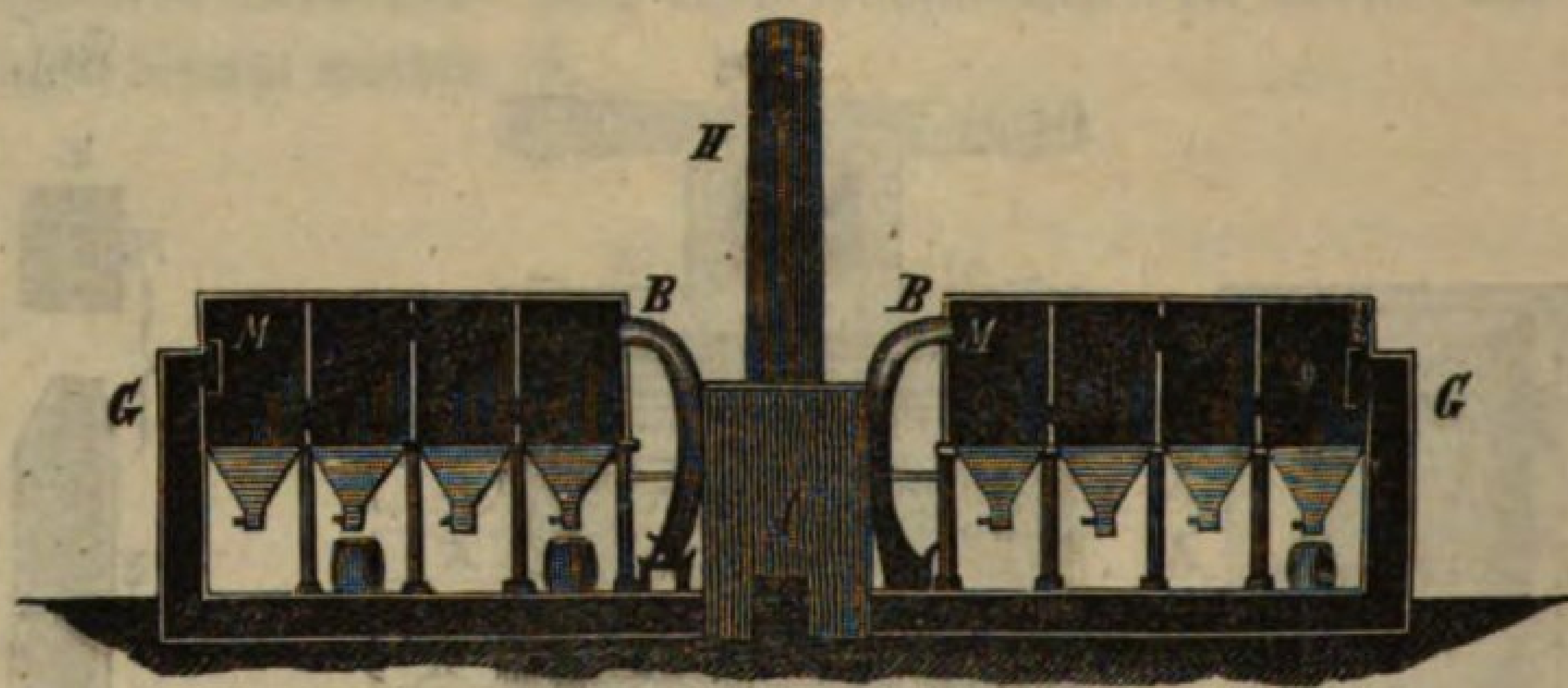


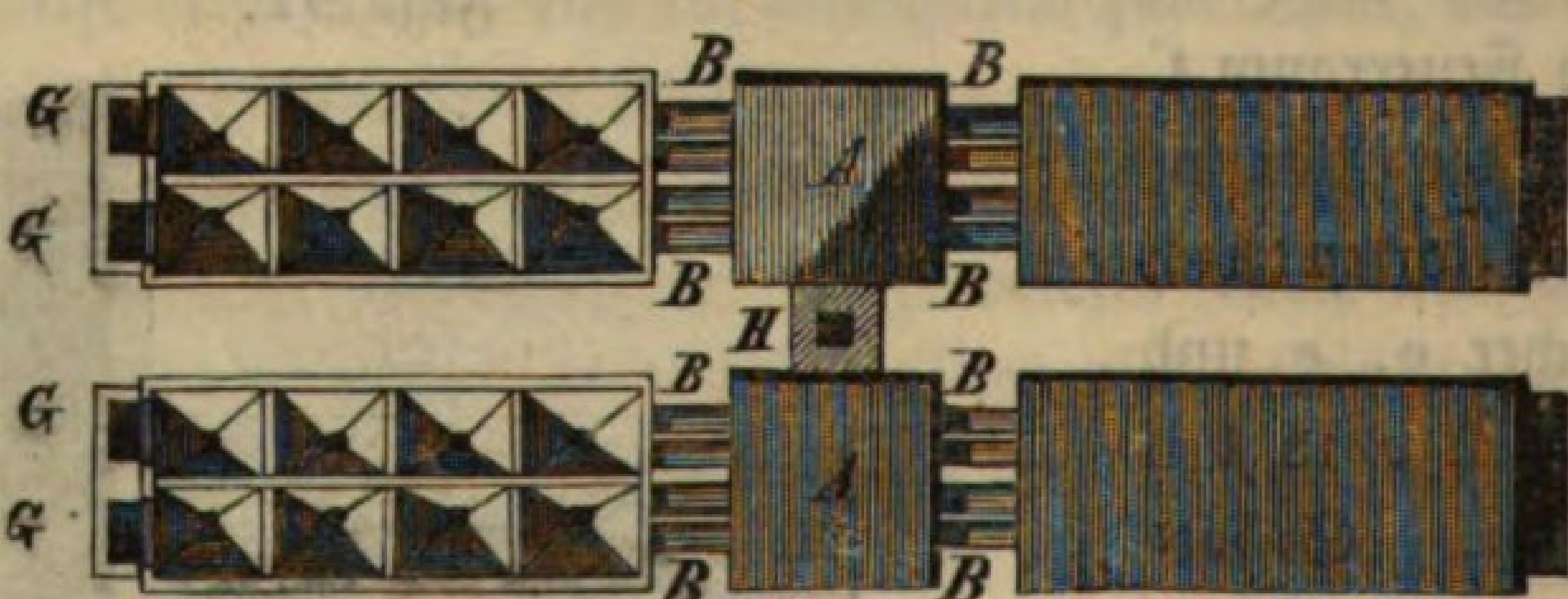
Fig. 98 und 99 zeigen den vollständigen Apparat. A ist der zu acht Retorten eingerichtete Ofen, B die Röhren, durch welche das Zinkweiß in die Kammern gelangt. Die Oeffnung M, durch welche der Luftstrom aus der

Fig. 98.



letzten Kammer in den Kanal G tritt, welcher mit dem Schornstein H in Verbindung steht, ist mit einem Metallsieb versehen, auf welchem sich noch Zinkweiß absetzt. Das in der ersten Kammer enthaltene Zinkoxyd ist unrein und enthält metallisches Zink und fremde Metalloxyde, wohl auch Zinksuboxyd beigemengt. Es wird durch Sieben von dem unverbrannten Zink getrennt und kommt als Zinkgrau in den Handel.

Fig. 99.



Zum Ansammeln des Zinkweißes wird unter den Trichter O einer jeden Kammer ein Gefäß gebracht, man umwickelt Gefäß und Trichteröffnung mit Leinwand und öffnet den die Oeffnung verschließenden Schieber. Das Zinkweiß fällt in das Gefäß und wird sofort in Fässer eingepreßt. 100 Th. metallisches Zink sollten 124 Th. Zinkweiß geben, man erhält jedoch selten mehr als 112 Th.

Durch Zusatz verschiedener Metallfarben kann man dem Zinkweiß jede beliebige Färbung ertheilen, so eine grüne durch Rinmann's Grün (Kobaltoxydul-Zinkoxyd), eine blaue durch Ultramarin, eine citronengelbe durch Schwefelkadmium und chromsaures Zinkoxyd, eine orangegelbe durch Schwefelantimon, eine schwarze durch Kienruß u. s. w. Ueber die Deckkraft des Zinkweißes im Vergleich mit Bleiweiß, schwefelsaurem Bleioxyd ꝛc. ist das Nähere bereits Seite 412 angegeben worden.

§. 461.

Zinkvitriol und Chlorzink.

Der **Zinkvitriol** (schwefelsaures Zinkoxyd, sulfate de zinc, *sulfate of zinc*) $ZnO.SO_3 + 7HO$ besteht in 100 Theilen aus

27,87 Th. Schwefelsäure,
28,24 „ Zinkoxyd,
43,89 „ Wasser.

Er führt auch die Namen **weißer Galitzenstein**, **weißer Vitriol** (couperose blanc, vitriol blanc, *white copperas*, *white vitriol*). Man gewinnt ihn im Großen aus der Zinkblende (Seite 128) durch Rösten und Auslaugen, insbesondere aus den blendehaltigen Erzen des Rammelsberges. Die Erze werden in Haufen geröstet, wobei sich Zinkvitriol bildet; man zieht die geröstete Masse mit Wasser aus, läßt die darin enthaltenen Unreinigkeiten sich absetzen, dampft sie in Bleipfannen ab und bringt sie zum Krystallisiren in Fässer. Die so entstandenen Krystalle werden in kupfernen Kesseln in ihrem Krystallwasser geschmolzen, man befreit die Flüssigkeit durch Abschäumen von den Unreinigkeiten und rührt mit einer hölzernen Krücke um, bis nach einigen Stunden alles Wasser verdampft ist. Hierauf füllt man die Masse in Holztröge, rührt zum Erkalten um und drückt die fast erstarrte Masse in Holzformen, in welchen sie zu einer weißen, dem Hutzucker gleichenden Masse erhärtet.

Der so dargestellte Zinkvitriol bildet weiße Stücken von körnigem Gefüge, die allmälig gelblich werden und Rostflecke bekommen von beigemengtem Eisenvitriol, der sich nach und nach an der Luft zu basisch schwefelsaurem Eisenoxyd oxydirt. Er enthält außer Eisenvitriol, Kupfervitriol, die schwefelsauren Salze des Mangans, der Magnesia, des Kalkes.

Man verwendet den Zinkvitriol als Zusatz zu den Oelen bei der Firnißbereitung, gewöhnlich mit Bleioxyd gemengt, obgleich diese Anwendung keineswegs rationell ist, da die Schwefelsäure des Zinkoxydes das überschüssige Bleioxyd als unwirksames schwefelsaures Bleioxyd ausscheidet, während das Zinkoxyd mit den Oelsäuren des Oeles Zinkpflaster bildet. Auf jeden Fall ist der Zinkvitriol zu diesem Behufe durch Zinkweiß zu ersetzen. Man benutzt den Zinkvitriol ferner in der Kattundruckerei und Färberei als Reservage auf Blau, zur Feuervergoldung (Seite 359), zur Erzeugung eines Messing- oder Bronzeüberzuges auf galvanischem Wege (Seite 376), in früherer Zeit zum Klären des Zuckers und endlich im gereinigten Zustande in der Medicin.

§. 462.

Das Chlorzink (chlorure de zinc, *chlorid of zinc*) Zn Cl besteht im wasserfreien Zustande in 100 Theilen aus

47,67 Th. Zink,
52,33 „ Chlor.

In concentrirter Lösung, in welcher allein es in der Technik Anwendung findet, erhält man es durch Auflösen von metallischem Zink in Salzsäure, oder am vortheilhaftesten als Nebenproduct in den Soda- und Schwefelsäurefabriken, wenn man die überflüssige und häufig kaum zu verwerthende Salzsäure noch warm auf gemahlene Zinkblende einwirken läßt und den entweichenden Schwefelwasserstoff sogleich durch Verbrennen zu schwefliger Säure und Wasser wieder zur Schwefelsäurefabrikation benutzt. Die erhaltene Lösung wird bis zur Syrupsconsistenz abgedampft.

Ihrer Eigenschaft wegen, gewisse organische Substanzen in Folge von Wasserentziehung mehr oder minder zu verändern, läßt sich eine concentrirte Chlorzinklösung in vielen Fällen anstatt der englischen Schwefelsäure verwenden. So ist z. B. das Chlorzink im Stande, die Schwefelsäure beim Läutern des Brennöls zu ersetzen, da das Chlorzink nur die Unreinigkeiten, nicht aber das Oel selbst angreift. Da die Farbstoffe des Krapps durch Chlorzink nicht verändert werden, dagegen die Holzfaser dadurch zerstört wird, so ist es sehr wahrscheinlich, daß man Krapp ebensowol durch Chlorzinklösung als durch Schwefelsäure in Garancin wird überführen können. Daß dort, wo die Schwefelsäure durch Bildung gepaarter Substanzen wirkt, wie z. B. beim Auflösen des Indigs, oder wo sie zur Zersetzung von Salzen dient, wie z. B. bei der Ausscheidung der Stearinsäure aus dem Kalksalze, das Chlorzink nicht als Ersatzmittel angewendet werden kann, bedarf kaum der Erwähnung.

Mit dem größten Vortheil hat man das Chlorzink zum Conserviren von Holz, namentlich der Eisenbahnschwellen benutzt.

Das sogenannte Löthsalz (Seite 340) ist eine Verbindung von Chlorzink mit Salmiak ($Cl\,Zn + N\,H_4\,Cl$); in Lösung als Löthwasser erhält man es durch Auflösen von 3 Loth Zink in starker Salzsäure und Zusetzen von 3 Loth Salmiak.

Zinkoxychlorür (basisch salzsaures Zinkoxyd), dadurch erhalten, daß man in flüssiges Chlorzink (oder Eisen- oder Manganchlorür) Zinkweiß (Zinkoxyd) einrührt, ist in neuerer Zeit von Sorel als plastische Masse vorgeschlagen worden.

Eisenpräparate.

§. 463.

Eisenvitriol.

Der Eisenvitriol (schwefelsaures Eisenoxydul, grüner Vitriol, Kupferwasser, sulfate ferreux, couperose verte, *sulfate of iron, copperas, green vitriol*) $FeO, SO_3 + 7 HO$ besteht in 100 Theilen aus

26,10 Th. Eisenoxydul,
29,90 „ Schwefelsäure,
44,00 „ Wasser.

Im Kleinen und im reinen Zustande erhält man den Eisenvitriol durch Uebergießen von Eisenabfällen, Nägeln ꝛc. mit verdünnter Schwefelsäure; es entwickelt sich Wasserstoffgas und aus der durch Abdampfen concentrirten Lösung sondert sich das Salz in Krystallen aus. Da der Eisenvitriol aber in großer Menge in der Technik gebraucht wird, so sucht man ihn aus billigeren Materialien, besonders aus Schwefelkies zu bereiten. Im Steinkohlen- und im Braunkohlengebirge, so wie nicht selten auch im Torfe kommt der Schwefelkies ($Fe S_2$ mit 46,7 Th. Eisen und 53,3 Th. Schwefel), und zwar die rhombisch krystallisirende Varietät (Strahlkies, Vitriolkies), häufig mit Magnetkies ($Fe_7 S_8$ mit 60,9 Th. Eisen und 39,6 Th. Schwefel) gemengt vor. Durch diese innige Mischung findet leichte Zerklüftung des Minerales statt, so daß es dem Sauerstoffe der Luft viel Angriffspunkte darbietet und sowol Schwefelkies als auch Magnetkies sich oxydiren. Wird ein derartiges verwittertes Gemenge mit Wasser ausgelaugt, so erhält man eine Auflösung von schwefelsaurem Eisenoxydul und schwefelsaurem Eisenoxyd, das in den meisten Fällen noch freie Schwefelsäure enthält. Den ein wenig geneigten Boden, auf welchem man das Erz ausbreitet, macht man durch Lehm oder durch Cement wasserdicht; man stürzt auf diesen Boden die Erze und bildet auf diese Weise Halden oder Bühnen von etwa 3—4 Fuß Höhe, in der Grundfläche 6 Fuß, an der obern Fläche hingegen 4 Fuß im Quadrat. Die Erze werden nun dem Verwittern übergeben und, um dieses zu begünstigen, von Zeit zu Zeit mit Wasser besprengt, und so lange sich selbst überlassen, bis die anfangs erfolgende Erhitzung nachgelassen hat. An derjenigen Seite der Halden, wohin sich der Boden neigt, befindet sich ein wasserdichter Behälter, in welchem sich die von den Halden abfließende Flüssigkeit ansammelt. Man bringt in diesen Behälter Eisenabfälle, um das Eisenoxyd zu Oxydul zu reduciren ($Fe_2 O_3 + Fe = 3 FeO$), die meist vorhandene freie Schwefelsäure zu sättigen, und endlich, da die Schwefelkiese

auch stets Schwefelkupfer enthalten, das in der Flüssigkeit enthaltene Kupfer als Cementkupfer niederzuschlagen. Aus dem Behälter gelangt die Lauge in die Pfannen, in welchen sie zur Krystallisation abgedampft wird.

§. 464.

Solcher Schwefelkies, welcher wie der gewöhnliche tesserale Kies nicht von selbst verwittert, muß vorerst einen Theil seines Schwefels durch Destillation oder durch Rösten verlieren. Im ersten Falle wendet man einen Schwefeltreibofen an, in welchem der Schwefelkies in Röhren von gebranntem Thon erhitzt wird. Die höher liegende Oeffnung, durch welche der Schwefelkies eingetragen wird, ist während des Erhitzens verschlossen; aus der vorderen Oeffnung gelangt der flüssige Schwefel oder der Schwefeldampf in mit Wasser angefüllte Kästen. 100 Th. Schwefelkies geben hierbei 23 Proc. Schwefel ab und es bleibt eine Schwefeleisenverbindung $Fe_4 S_5$, Schwefelbrand oder Abbrand genannt, zurück.

Im zweiten Falle werden die zu röstenden Kiese zu einer abgestumpften Pyramide über einander gelagert, diese von außen mit Lehm geschlossen und oben mit einer Decke von Lehm und Kohlenklein bedeckt, in welcher halbkugelförmige Vertiefungen gemacht sind. Indem die Heizung nun von unten geschieht, wird Schwefel verflüchtigt, der sich in den obern Vertiefungen ansammelt, daselbst schmilzt, und so oft ausgeschöpft wird, als die Vertiefung angefüllt ist. In einigen schwedischen Vitriolsiedereien schichtet man die Kiese in einen besondern Ofen, der mit einem schief gehenden langen Rauchfange verbunden ist. Die unten entzündeten Erze treiben den Schwefel aus den darüber liegenden Schichten aus, der sich nun im Rauchfange sublimirt und dort in Pulverform gefunden wird.

Die porösen, leicht verwitternden Rückstände werden dem Verwittern ausgesetzt.

Im Rammelsberge am Harz wurden früher die nicht schmelzwürdigen Erze zum Ausfüllen der abgebauten Räume in den Gruben zurückgelassen; da diese Erze zum größten Theile aus Schwefelkies, zum kleinern Theil aus Schwefelkupfer und Schwefelzink bestanden, so haben sie sich in der Grube oxydirt und eine halbverwitterte feste Masse, den Bergjöckel oder alten Mann gebildet, aus welcher man gegenwärtig zu Goslar durch Auslaugen mit Wasser Eisenvitriol gewinnt.

§. 465.

So wie man die Lauge durch Ausziehen der verwitterten Erze mit Wasser gewinnt, ist sie mehr oder weniger mit schlammigen Theilen — basisch schwefelsaurem Eisenoxyd und Gyps — vermengt, von welchen sie vor dem

Versieden befreit werden muß. Diese Reinigung wird das Läutern der Lauge genannt und auf verschiedene Weise ausgeführt. In einigen Vitriolwerken kocht man die Rohlauge in kleinen Pfannen eine Zeitlang, bis sie etwa halbgar ist, und bringt sie dann in einen hölzernen Kasten (den Satz- oder Läuterkasten); nachdem sie sich darin geklärt hat, wird sie in einen Sumpf unter der Wachsbank abgeleitet. Zu Goslar bringt man die rohe Lauge (das Wasser, die wilde Lauge) sogleich in Bottiche (Scherrbütten), aus denen die geklärte Lauge in die Siedepfanne kommt, in welcher sie so weit versotten wird, daß sie in 100 Th. 20 Th. Eisenvitriol gelöst enthält, worauf man dieselbe abkühlen läßt.

Die so weit geläuterte Lauge wird nun in bleiernen Siedepfannen, welche dieselbe Einrichtung wie die Siedepfannen auf den Alaunwerken haben, so weit versotten, daß, wenn man etwas von derselben auf einen kalten Körper fallen läßt, sich sehr bald Krystalle daraus bilden. Weil aber während des Verdampfens sich immer noch basisch schwefelsaures Eisenoxyd ausscheidet, so muß die Lauge, selbst nach vollendeter Gare, abermals auf Läuterkästen gebracht werden, bevor sie, zum Krystallisiren, in die Krystallisirgefäße (Wachströge, Wachsbank) geleitet wird, welche inwendig mit glatten, hölzernen Stäben, in einer 8 Zoll weiten Entfernung von einander, ausgelegt sind, um die Krystallbildung zu begünstigen. Nach beendigter Krystallisation wird die Mutterlauge von den Krystallen abgezogen, es werden die Krystalle von den Stäben abgeschlagen, auf geneigte Horden zum Abtropfen gelegt und dann in Fässer verpackt.

Die an den Stäben sich absetzenden Krystalle bilden den sogenannten Traubenvitriol. Die am Boden und an den Wänden abgeschiedenen Krystalle, die Tafeln, sind minder schön krystallisirt.

Die Mutterlauge wird entweder einer neuen Quantität Lauge beim Eindampfen zugesetzt, oder sie wird auf unreinen Vitriol zur Fabrikation von Vitriolöl verarbeitet.

Da die Rohmaterialien der Alaunfabrikation gewöhnlich Schwefelkies enthalten, so erhält man den Eisenvitriol sehr häufig als Nebenproduct bei der Alaunfabrikation. In einigen Gegenden, wie zu Goslar am Harz, gewinnt man zuerst durch Abdampfen der Flüssigkeit, die man durch Auslaugen der verwitterten Kiese erhalten hat, Eisenvitriol, und setzt zu der zurückgebliebenen Lösung eine Kali- oder Ammoniakverbindung, um daraus Alaun zu gewinnen.

Dort, wo lokale Verhältnisse es gestatten, stellt man den Eisenvitriol oft sehr wohlfeil durch Auskochen von gepochten Eisenfrischschlacken mit Schwefelsäure dar.

§. 466.

Der Eisenvitriol bildet blaßgrüne, durchsichtige Krystalle, besitzt einen herben, tinteähnlichen Geschmack, verwittert an der Luft und überzieht sich dabei mit gelbem, basisch schwefelsaurem Eisenoxyd und braucht zu seiner Lösung 1,64 Th. Wasser von 10°, 0,30 Th. von 100°. Aus den zur Fabrikation verwendeten Erzen gehen natürlicherweise mancherlei fremde Bestandtheile in den Eisenvitriol über, welche denselben verunreinigen; er enthält deshalb schwefelsaures und geringe Mengen selensaures und arsenigsaures Kupferoxyd, Zinkoxyd, Manganoxydul, Magnesia und Thonerde.

Durch verschiedene Metallsalze verunreinigt, existirt im Handel eine fast dunkelbraune Varietät von Eisenvitriol, der sogenannte Schwarzvitriol, der auch zuweilen auf den Vitriolhütten angefertigt wird, indem man grünen Eisenvitriol durch einen Aufguß von Erlenblättern oder Galläpfeln schwarz färbt.

Der Eisenvitriol wird hauptsächlich zum Schwarzfärben angewendet, indem das Oxydul des Vitriols sich zu Oxyd oxydirt, und in diesem Zustande durch die in den Galläpfeln, der Eichenrinde, dem Sumach, dem Quercitron, dem Gelbholz, dem Fustikholz u. s. w. enthaltene Gerbsäure (Tannin) in gerbsaures Eisenoxyd verwandelt wird; er wird ferner angewendet zur Bereitung der Tinte, zur Darstellung der kalten Küpe (indem der Eisenvitriol bei Abschluß der Luft das Indigblau zu Indigweiß reducirt und dadurch in alkalischen Flüssigkeiten löslich macht), zum Reinigen des Steinkohlengases und zum Desinficiren der Kloaken (in beiden Fällen setzt sich der Eisenvitriol mit dem vorhandenen Schwefelammonium um zu Schwefeleisen und schwefelsaurem Ammoniak), zum Fällen des Goldes aus seinen Lösungen ($Au\,O_3 + 6\,FeO,\,SO_3 = 3\,Fe_2\,O_3 + 6\,SO_3 + Au$), zur Darstellung des Berliner- und Pariserblaus, so wie zum Blaufärben mit Blutlaugensalz, zur Bereitung von rauchender Schwefelsäure durch Brennen des Vitriols ($2\,FeO,\,SO_3 = SO_3 + Fe_2\,O_3 + SO_2$), zum Conserviren von Holz und noch zu vielen anderen Zwecken.

§. 467.

Blutlaugensalz.

Das gelbe Blutlaugensalz (Ferrocyankalium, Kaliumeisencyanür, Blausalz, blausaures Eisenoxydul-Kali, eisenblausaures Kali, ferrocyanure de potassium, cyanoferrure de potassium jaune, lessive du sang, ferroprussiate de potasse, *ferrocyanate of potassn*), ein in technischer Beziehung überaus wichtiger Körper, krystallisirt in großen, blaßcitron-

gelben, glasglänzenden, durchscheinenden Prismen, welche dem Tetragonalsystem angehören, bitterlich und salzig schmecken, an der Luft sich nicht verändern, sich in 4 Th. kaltem und 2 Th. siedendem Wasser, aber nicht in Alkohol lösen.

Es besteht in 100 Th. aus:

	Kalium	37,03 Th.
Cyan	Kohlenstoff	17,04 „
	Stickstoff	19,89 „
	Eisen	13,25 „
	Wasser	12,79 „

und wird betrachtet entweder als eine Verbindung von Ferrocyan (Cfy=Fe + 3 Cy) mit Kalium und Krystallwasser (Ferrocyankalium: Cfy, 2 K + 3 HO), oder als eine Verbindung von Kalium mit Eisencyanür ($Fe\ C_2\ H = Fe\ Cy$) und Krystallwasser (daher Kaliumeisencyanür: Fe Cy + 2 K Cy + 3 H O).

Beim Trocknen bei 100° verlieren die Blutlaugensalzkrystalle 12,8 Proc. Wasser. Bei Abschluß der Luft schmilzt das entwässerte Salz etwas unter der Rothglühhitze, entwickelt Stickstoff und hinterläßt ein Gemenge von Cyankalium und Kohlenstoffeisen; wenn es noch Krystallwasser enthielt, so giebt es auch Kohlensäure, Ammoniak und Blausäure. Bei Zutritt der Luft geglüht verwandelt es sich in cyansaures Kali und Eisenoxyd. Leitet man Chlorgas durch eine Lösung von Blutlaugensalz, so bildet sich Chlorkalium und rothes Blutlaugensalz. Eine wässerige Lösung von Blutlaugensalz giebt mit vielen Metalllösungen charakteristisch gefärbte Niederschläge, von denen mehrere in der Technik Anwendung finden. Die Niederschläge haben folgende Farbe:

mit Eisenoxydulsalzen	Weiß, bläut sich schnell an der Luft;
mit Eisenoxydsalzen	Dunkelblau (Berlinerblau);
mit Kupfersalzen	Rothbraun (Hatchett's Braun);
mit Manganoxydsalzen	Rothbraun.

Wird Blutlaugensalz mit stärkern Säuren oder auch nur sauren Flüssigkeiten gekocht, so wird dasselbe unter Entwickelung von Blausäure zersetzt.

§. 468.

Zur Geschichte des Blutlaugensalzes folgende Notizen: Es war im Jahre 1707, nach Andern im Jahre 1704, als der Farbenfabrikant Diesbach in Berlin durch Zufall die wichtige und folgenschwere Entdeckung des Berlinerblaus machte. Er wollte nämlich Florentinerlack bereiten durch Niederschlagen eines Absudes von Cochenille mit Alaun und etwas Eisenvitriol mit Kali, und benutzte dazu Kali, über welches der bekannte Alchemist Dippel das nach ihm benannte thierische Oel (Oleum animale Dippelii) mehrmals

destillirt und dann als unbrauchbar bei Seite gestellt hätte. Bei Benutzung dieses Kali's erhielt Diesbach statt des erwarteten rothen Lacks einen blauen Niederschlag. Nach Anderen habe Diesbach das ihm von Dippel verabfolgte Kali als verdorben angesehen und deshalb die Auflösung davon in den Hof auf die Steine gegossen, auf welche zuvor etwas Eisenvitriollösung geschüttet worden war, wodurch sogleich die Steine eine schön blaue Farbe angenommen hätten. Diese letztere Lesart scheint auch die wahrscheinlichere zu sein. Dippel erkannte diese Erscheinung als die Wirkung seines Laugensalzes und stellte die blaue Farbe nachher auf kürzerem Wege durch Glühen von Blut mit Potasche und Behandeln der ausgezogenen Masse mit Eisenvitriol dar, wovon er im Jahre 1710 die erste Anzeige in den Abhandlungen der Berliner Akademie veröffentlichte, jedoch ohne über die Zubereitung etwas anzugeben. Die Bereitung des Berlinerblaus blieb Geheimniß, bis im Jahre 1724 Woodward ihre Bereitung bekannt machte. Noch in demselben Jahre zeigte Brown, daß auch Fleisch mit Potasche geglüht Blutlauge und Berlinerblau gebe und 1725 bewies St. F. Geoffroy, daß zur Darstellung des Berlinerblaus auch Wolle, Hirschhorn und wahrscheinlich auch noch andere thierische Substanzen anwendbar seien. Macquer lehrte 1752 durch Kochen von Berlinerblau mit Potaschenlösung wieder Blutlauge und aus dieser das Blutlaugensalz darstellen, so daß dieser Chemiker als der Entdecker des Blutlaugensalzes zu betrachten ist. Sage, Bergmann und Scheele studirten die Darstellungsweise und die Bestandtheile der neuen Verbindung gründlich, namentlich letzterer, welcher in Folge dieser Untersuchung die Blausäure entdeckte.

§. 469.

Bei der Fabrikation des Blutlaugensalzes ist die Kenntniß folgender Thatsachen von Belang. Gewisse stickstoffhaltige organische Körper wie Blut, Fleisch, Casein, Albumin, Knochen, Horn, Leim 2c. hinterlassen bei der trocknen Destillation eine voluminöse, stickstoffhaltige Kohle (Thierkohle, Blutkohle). Werden diese stickstoffhaltigen Substanzen oder auch die aus ihnen erhaltene stickstoffhaltige Kohle mit Alkalien geglüht, so findet reichliche Bildung von Cyan, resp. Cyanmetallen statt. Atmosphärischer Stickstoff kann, wenn er über ein weißglühendes Gemenge von kohlensaurem Kali und Kohle geleitet wird, gleichfalls in Cyan übergehen, auch Ammoniakgas kann, wenn es in der Glühhitze mit organischen Substanzen zusammenkommt, mit Kohlenoxyd oder Kohle in Berührung kommt, Cyan bilden. Eine wässerige Lösung von Cyankalium zersetzt sich beim Kochen, namentlich bei Gegenwart von freiem Kali, unter Ammoniakentwickelung in ameisensaures Kali:

Cyankalium $C_2 N K$ } geben { Ammoniak $N H_3$
Wasser $4 H O$ } { Ameisensaures Kali $C_2 H K O_4$.

Beim Schmelzen mit Schwefel oder gewissen schwefelhaltigen Substanzen verwandelt sich das Cyankalium in Schwefelcyankalium (Rhodankalium):

$$\underbrace{C_2 N K}_{\text{Cyankalium.}} + 2 S = \underbrace{C_2 N S_2 K}_{\text{Schwefelcyankalium.}}$$

Schmilzt man Cyankalium für sich an der Luft, so geht es zum Theil unter Sauerstoffaufnahme in cyansaures Kali über:

$$\underbrace{C_2 N K}_{\text{Cyankalium.}} + 2 O = \underbrace{C_2 N O, K O}_{\text{Cyansaures Kali;}}$$

setzt man zu der geschmolzenen Masse Kohle, so geht das cyansaure Kali wieder in Cyankalium über:

$$\underbrace{C_2 N O, K O}_{\text{Cyansaures Kali.}} + 2 C = \underbrace{C_2 N K}_{\text{Cyankalium.}} + \underbrace{2 C O}_{\text{Kohlenoxyd.}}$$

Eine wässerige Lösung von Cyankalium löst Eisen unter Bildung von Blutlaugensalz, Freiwerden von Kali und Wasserstoff auf:

$$3 \underbrace{C_2 N K}_{\text{Cyankalium.}} + H O + Fe = \underbrace{C_6 N_3 Fe K_2}_{\text{Blutlaugensalz.}} + K O + H$$

Anstatt des metallischen Eisens sind auch Eisenoxydul so wie Eisenoxydulsalze wie Eisenvitriol und Eisenspath im Stande, Cyankalium in Blutlaugensalz überzuführen.

Cyankalium und Schwefeleisen zersetzen sich, besonders leicht bei Gegenwart von freiem Kali in Blutlaugensalz und Schwefelkalium.

$$3 \underbrace{C_2 N K}_{\text{Cyankalium.}} + \underbrace{Fe S}_{\text{Schwefeleisen.}} = \underbrace{C_6 N_3 Fe K_2}_{\text{Blutlaugensalz.}} + \underbrace{K S}_{\text{Schwefelkalium.}}$$

Schwefelcyankalium giebt beim Schmelzen mit metallischem Eisen Cyankalium und Schwefeleisen:

$$\underbrace{C_2 N S_2 K}_{\text{Schwefelcyankalium.}} + 2 Fe = \underbrace{C_2 N K}_{\text{Cyankalium.}} + \underbrace{2 Fe S}_{\text{Schwefeleisen.}}$$

§. 470.

Fabrikation des Blutlaugensalzes.

Die Fabrikation des Blutlaugensalzes kann auf zweierlei Weise geschehen:

1) vermittelst des Stickstoffs der Atmosphäre;
2) vermittelst des Stickstoffs thierischer Substanzen.

Blutlaugensalz aus dem Stickstoffe der Luft.

Die durch die Cyankaliumbildung in den Eisenhohöfen (vgl. Seite 51)

zuerst angeregte, sowol in theoretischer, als auch in praktisch technischer Beziehung so außerordentlich wichtige Frage, ob unter geeigneten Umständen wirklich aus dem Stickstoff der Luft Cyan erzeugt werden kann, oder nicht, wurde bis auf die neuere Zeit theils bejaht, theils verneint. Diese widersprechenden Angaben und Ansichten haben neuerdings mehrere Chemiker, so Bunsen und Playfair, H. Rieken und Andere zu zahlreichen Versuchen veranlaßt, aus denen das positive Resultat hervorgegangen ist, daß kohlensaures Kali, innig gemengt mit Kohle und erhitzt in einem glühend zugeführten Strome von Stickstoffgas, bei einer Temperatur, bei der sich das Kali zu Kalium reducirt, vollständig in Cyankalium übergeführt wird.

§. 471.

Diese Beobachtungen entgingen der Aufmerksamkeit der Praktiker nicht und es tauchten zahlreiche Vorschläge auf, nach dem angeführten Principe Cyankalium darzustellen und dieses dann durch ein Eisenoxydulsalz in Blutlaugensalz überzuführen. Das von Possoz und Boissière angewendete Verfahren besteht wesentlich darin, Holzkohle mit 30 Proc. Potasche zu imprägniren, sie sodann in Cylindern von feuerfestem Thon zehn Stunden lang in der Weißglühhitze zu erhalten, und einen ununterbrochenen Strom von Stickstoffgas, durch Zersetzen von atmosphärischer Luft erhalten, hindurch zu treiben. Der Apparat wirkt ununterbrochen fort. Oben wird der Cylinder in dem Maße gespeist, als eine unten angebrachte Vorrichtung eine bestimmte Menge der mit Cyankalium beladenen Kohlen hinwegnimmt. Letztere fallen in einen gußeisernen Cylinder, in welchem sie abgekühlt werden, und gelangen von da in einen zweiten Behälter, in welchem sich Wasser und gepulverter Spatheisenstein (kohlensaures Eisenoxydul) befinden. Es wird die Lauge eingedampft und darauf zur Krystallisation hingestellt. Die genannten Techniker haben bereits 1843 zu Grenelle bei Paris einen Apparat construirt, mit dessen Hülfe jährlich mindestens 15,000 Kilogr. Blutlaugensalz dargestellt werden konnten. Der hohe Preis des Brennmaterials zu Paris und ihre Apparate, die sehr viel Reparaturkosten erforderten, nöthigten dieselben, für ihre Fabrikation eine günstigere Gegend zu suchen. Sie fanden Gelegenheit, ihr Unternehmen im Jahre 1844 zu New-Castle-upon-Tyne für Rechnung einer englischen Compagnie auszuführen. Possoz brachte es dahin, daß man zu New-Castle zu dem Preise von 2 Franken das Kilogramm, täglich gegen 1000 Kilogr. eines Blutlaugensalzes darstellte, das sich durch Reinheit und Schönheit auszeichnete.

Der von Possoz angewendete Apparat besteht in einem großen, aus feuerfesten Steinen construirten Cylinder von 0,5 Meter innerer Weite. Seine Höhe, so weit er hellroth glühend gemacht wird, beträgt 3 Meter. Quer durch

die 0,25 Meter dicken Wandungen sind in Zwischenräumen Oeffnungen angebracht. Der Cylinder wird nun mit zerkleinerten Holzkohlen, die mit 30 Proc. Potasche imprägnirt sind, angefüllt. Eine Pumpe giebt nun durch die kleinen Oeffnungen Stickgas, welches man dadurch erzeugt, daß man die Luft durch den beschickten Cylinder treibt, welche in Berührung mit der Kohle ihren Sauerstoff unter Bildung von Kohlenoxyd abgiebt. Reinen Stickstoff anzuwenden, ist indessen vortheilhafter, als ein Gemenge von Stickstoffgas mit Kohlensäure oder Kohlenoxydgas.

Armengaud ließ sich im Jahre 1846 für Frankreich ein Verfahren patentiren, mittelst des atmosphärischen Stickstoffs Blutlaugensalz zu fabriciren, welches sich von dem ursprünglichen Verfahren dadurch unterscheidet, daß die Luft mit Wasserdampf angewendet wird, dessen Wasserstoffgehalt die Cyanbildung befördern soll. Auch Ertel in München hat eine ähnliche Methode der Fabrikation unter Anwendung von Wasserdampf erfunden, jedoch nicht näher beschrieben.

Eine wesentliche Verbesserung wurde von Bramwell eingeführt, welche darauf beruht, daß die Feuerluft, durch welche der Cylinder erhitzt wurde, durch Oeffnungen in den Wänden in den Cylinder tritt und somit die nämliche Luftmenge zur Heizung und zugleich zur Cyanbildung benutzt wird. Eine ähnliche Construction ist von Newton vorgeschlagen worden.

§. 472.

Ueber die Blutlaugensalzfabrikation aus atmosphärischem Stickstoff im Großen sind noch keine weiteren Mittheilungen veröffentlicht worden. Nach den auf den Industrieausstellungen zu London, München und Paris aufgestellten Proben zu urtheilen, scheint nach wie vor die ältere Methode der Blutlaugensalzfabrikation mit Hülfe thierischer Substanzen die allgemein angewendete zu sein. Es möchte sogar das neue Verfahren als aufgegeben zu betrachten sein, da alle bis jetzt angestellten Versuche kein befriedigendes Resultat geliefert haben. Vielleicht wird, wie Bunsen vermuthet, ein günstigerer Erfolg durch Construction eines Cyankaliumhohofens, nach Art der Eisenhohöfen, erzielt, in welchen man ein Gemenge oder wechselnde Lagen von Kohle und Potasche durch ein gewöhnliches Gebläse in der Weißglühhitze erhält. Das am Boden sich ansammelnde geschmolzene Cyankalium würde man vielleicht gleich durch eine oberhalb desselben angebrachte verschließbare Oeffnung von Zeit zu Zeit abfließen lassen können. Diese Idee möchte den Technikern zur Ausführung sehr zu empfehlen sein.

Was die Billigkeit des einen Rohstoffes, des atmosphärischen Stickstoffs, betrifft, so ist es ein großer Irrthum zu sagen: Der Stickstoff der Luft kostet

nichts. So wie ihn der Fabrikant nur brauchen kann, nämlich frei von Sauerstoff und Kohlensäure, und außerdem auf eine sehr hohe Temperatur gebracht, kostet er allerdings etwas, nämlich Brennmaterial, Arbeit und kostspielige Apparate, und berechnet man mit Brunnquell 1 Kilogr. Stickstoff mit 28 — 30 Kreuzern (vorausgesetzt, daß 6 Kilogr. = 1 Ctr. stickstoffhaltige organische Substanzen gegen 3 Gulden kosten), so ist es sehr zweifelhaft, ob der Fabrikant die entsprechende Menge Luft wohlfeiler in den erforderlichen Zustand versetzen kann. Eine andere Sache wäre es, wenn es nach dem neuen Verfahren gelänge, nahezu allen in Arbeit genommenen Stickstoff in Cyan überzuführen. Die bisherigen Versuche haben aber insgesammt das Gegentheil ergeben.

§. 473.

Blutlaugensalz vermittelst des Stickstoffs thierischer Substanzen.

(Rohmaterialien.)

Die Rohmaterialien der Blutlaugensalzfabrikation sind: 1) stickstoffhaltige organische Substanzen, 2) Potasche, 3) Eisen im metallischen Zustande oder in geeigneter Verbindung.

Von den stickstoffhaltigen organischen Substanzen wendet man an: Hörner und Hornabfälle, Klauen, Abfälle von neuem und altem Leder, Haare, Wollabfälle, Fleisch, in einzelnen Fällen stickstoffhaltige Schwämme und Pilze, getrocknete Fische, Maikäfer, Feldmäuse. Alle diese Körper eignen sich zur Blutlaugensalzbereitung. Der Preis und die Quantität, in welcher sie zu beschaffen sind, so wie die örtlichen Verhältnisse einer jeden Fabrik können allein bestimmen, welche der genannten Substanzen den größten Vortheil bieten wird.

Die Zusammensetzung einiger dieser stickstoffhaltigen Thiersubstanzen ist nach J. Scherer folgende:

	a.	*b.*	*c.*
Kohlenstoff	51,53	51,58	50,65
Wasserstoff	6,69	6,71	7,03
Stickstoff	17,93	17,28	17,71
Sauerstoff, Schwefel	28,85	24,43	24,61

a. Haare, *b.* Büffelhorn, *c.* Wolle.

Bei der Blutlaugensalzbildung kommen von diesen Bestandtheilen in Betracht: 1) der Stickstoff, 2) eine Quantität Kohle, welche mit dem Stickstoff Cyan zu bilden vermag, 3) der Schwefel, insofern durch dessen Gegenwart die Umwandlung des Cyankaliums in Blutlaugensalz bedingt ist.

Der Stickstoffgehalt der in der Praxis anwendbaren thierischen Substanzen ist geringer als der bei vorstehenden Analysen angegebene, so fand Nöllner in

100 Th.	wollenen Lumpen	10,0 Th. Stickstoff
„	altem Leder	6,7 „ „
„	Hornabfällen	10,5 „ „
„	Borsten	9,7 „ „
„	Fischbein	8,9 „ „

Nach Boussingault und Payen enthalten

100 Th.	Horn (frisch und ungetrocknet)	14,36 Th. Stickstoff
„	wollene Lumpen	15,99 „ „
„	Muskelfleisch (lufttrocken)	13,37 „ „
„	Leder	9,31 „ „

Man wird der Wahrheit am nächsten kommen, wenn man den Stickstoffgehalt der thierischen Rohstoffe mit H. Fleck durchschnittlich zu 12 Proc. annimmt.

Der Schwefelgehalt ist nach E. v. Bibra folgender:

Menschenhaare	3 — 4,25	Proc.
Schafwolle	0,81 — 0,92	„
Pferdehaare	3,36 — 4,01	„
Schildpatt	1,98 — 1,99	„
Ochsenhorn	3, 0 — 3,08	„
Schafklaue	1,12 — 1,28	„
Ochsenklaue	1,37 — 1,51	„
Nägel der Menschen	2,71 — 2,74	„
Fischbein	3,44 — 3,54	„

§. 474.

Das zweite Rohmaterial, die Potasche. Nach der häufig verbreiteten Ansicht der Fabrikanten ist dieselbe um so besser, je mehr kohlensaures Kali und je weniger schwefelsaures Kali und Chlorkalium und anderweite fremde Salze sie enthält. Die letztern Salze sind nur insofern nachtheilig, als ihr Kali nichts zur Blutlaugensalzbildung beizutragen vermag, das schwefelsaure Kali aber, sagt man, auch noch dadurch, daß es während des Schmelzprocesses zu Schwefelkalium reducirt wird, welches eine äquivalente Menge Schwefelcyankalium bildet, welche nicht in Blutlaugensalz übergehen soll. Von dieser Ansicht ausgehend, wendet man in vielen Fabriken folgendes Verfahren an, um die Potasche von beigemengtem schwefelsaurem Kali zu befreien: Man erhitzt in einem eisernen Kessel 180 — 200 Liter Wasser bis zum Sieden, bringt dann 150 Kilogr. von der zu reinigenden Potasche hinzu und rührt so lange stark um, bis man keine weitere Auflösung mehr beobachtet. Man läßt nun das Ganze in dem Kessel oder in einem anderen passenden Gefäße stehen,

wodurch die fremden Salze in Folge ihrer Schwerlöslichkeit sich abscheiden. Die klare Lauge wird vermittelst eines Hebers abgehoben, durch Leinwand geseiht und zur Trockne abgedampft. Der in dem Gefäße zurückgebliebene krystallinische Rückstand wird nochmals mit kaltem Wasser ausgewaschen, um die noch anhängende Potasche zu erhalten. Die Rückstände werden gesammelt, durch Umkrystallisiren gereinigt und als schwefelsaures Kali in den Handel gebracht.

Um ein vollkommen schwefelfreies kohlensaures Kali anzuwenden, hat Gaudier mit Kohle verpufften Salpeter empfohlen. Wenn diese Methode schon in ökonomischer Beziehung unpraktisch erscheint, so zeigt dieselbe außerdem ein Verkennen der Principien, nach welchen die Blutlaugensalzbildung geschieht. Neuere Untersuchungen haben ergeben, daß der Gehalt der Potasche an schwefelsaurem Kali, weit entfernt, nachtheilig zu wirken, bei der Blutlaugensalzfabrikation unberücksichtigt gelassen werden darf, wenn man bei der Herstellung der Schmelze hinlängliche Mengen von Eisen oder geeigneten Eisenverbindungen hinzufügt, um den Schwefel in Schwefeleisen, in eine zur Blutlaugensalzbildung unumgänglich nothwendige Verbindung überzuführen. Ist sogar neuerdings von Bramwell vorgeschlagen worden, zum Theil die Potasche durch das viel wohlfeilere schwefelsaure Kali oder auch Schwefelkalium, durch Schmelzen jenes Salzes mit Kohle bereitet, zu ersetzen. Daß der Schwefel auch einen wesentlichen, sogar einige Procente von dem Gewicht der angewendeten Thiersubstanz betragenden Bestandtheil ausmacht, ist ein Umstand, der bis in die neueste Zeit gänzlich unbeachtet gelassen wurde.

Das Eisen endlich wird in einem möglichst reinen und fein zertheilten metallischen oder doch in einem Zustande, in welchem es leicht in Schwefeleisen übergeführt werden kann, der Masse zugesetzt. Nicht zu grobe Eisenfeile oder gepulverter Hammerschlag sind dazu am passendsten.

§. 475.
Gang der Fabrikation.

Die Fabrikation des Blutlaugensalzes mit Hülfe von Thiersubstanzen geht auf zweierlei Art vor sich: nach der einen Methode wird ein in gehörigem Verhältnisse gemachtes Gemenge der rohen (unverkohlten) Thierstoffe mit Potasche unmittelbar calcinirt; nach der andern zerfällt dagegen die Fabrikation in zwei verschiedene Operationen; in der ersten unterwirft man die Thiersubstanz der trocknen Destillation, um sie in Thierkohle (verkohlten Thierstoff) überzuführen, in der zweiten calcinirt man ein Gemenge dieser Kohle mit Potasche.

Nach der zweiten Methode kann man die ammoniakalischen Producte

aufsammeln und demnach die Fabrikationskosten beträchtlich vermindern. Die Destillation geschieht in einem sehr einfachen Apparate, aus einer Retorte und dem zur Verdichtung der Gase bestimmten Gefäße bestehend. Zu Burweiler im Elsaß besteht die Retorte aus zwei gußeisernen Stücken, aus dem schaalenförmigen Boden und dem cylindrischen Theile, welcher letztere nach oben eine tubulirte Flasche vorstellt. Die eine, weitere, Tubulatur dient zum Einführen der zu calcinirenden Stoffe und zum Herausnehmen derselben nach dem Glühen, die andere, engere, zum Fortleiten der flüchtigen Producte. In dem Rande des Bodenstückes ist eine Nuth zum Einsetzen und Verkitten des obern Theiles. Die Retorte wird nun von unten erhitzt, daher durch das Feuer nur der leicht zu erneuernde Boden Schaden leidet. Man bringt in jede Retorte 250 Kilogr. Horn und erhitzt, bis der Boden der Retorte glüht; die Operation ist beendigt, bis die Vorlage sich abkühlt. Die flüchtigen Producte verdichten sich in einem aus hölzernen Fässern oder steinernen Gefäßen zusammengesetzten Woulf'schen Apparate. Die nicht verdichteten Gase werden entweder nach außen geführt oder in den Feuerherd geleitet und dort verbrannt. Die in dem Apparate verdichteten Flüssigkeiten werden auf Salmiak, schwefelsaures Ammoniak und Ammoniakalaun verarbeitet. Nach Dumas geben die 250 Kilogr. Horn:

			In 100 Th.
Thierkohle	75	Kilogr.	30
Auflösung von kohlensaurem Ammoniak von 15° Baumé	125	,,	50
Thierisches Oel	40	,,	16
Verlust	10	,,	4.

Die in der Retorte zurückbleibende Thierkohle ist sehr leicht, porös und glänzend.

Durchschnittlich kann man rechnen, daß 100 Th. Thierstoffe bei der Verkohlung im Großen 33,3 Proc. Thierkohle liefern (H. Fleck; nach Gentele 42 Proc.; nach Brunnquell bei Horn und Hufen 30,3 — 31,5, bei Blut 30 Proc). Die Thierkohle enthält in 100 Theilen:

Kohle von Horn	4,3 Th.	Stickstoff.
,, ,, Wolllumpen	4,6 ,,	
,, ,, alten Schuhen	3,9 ,,	

§. 476.

Die Ausbeute an Blutlaugensalz, welche man aus unverkohlten Thierstoffen erhält, beträgt nach C. P. Prückner und Martin Höfflmayr (die Fabrikation des Blausalzes, Hof 1837 S. 41) von Blut 8 bis 9 Proc., von Horn oder Klauen 9 bis 10 Proc., nach Gentele 16 Proc., nach H. Fleck 11 Proc. R. Brunnquell glaubt einen Ertrag

von 10 Proc. schon als eine gute Durchschnittsausbeute bezeichnen zu können. Bei Anwendung von Thierkohle soll man nach Gentele an Blutlaugensalz 32 Proc. vom Gewicht der angewendeten Thierkohle, nach Dumas 23,4 Proc., nach Mitscherlich 17,5 Proc. erhalten, nämlich nach Dumas

100 Th. Horn { Ammoniakalisches Wasser von 15° Baumé 50 Th.
Thierisches Oel 16 „
Kohle 30 „ }
Potasche 40 „ } 46,80 Th. Schmelze
= 7,02 Blutlaugensalz,

demnach 23,4 Proc. vom Gewicht der angewendeten Thierkohle; nach Mitscherlich

320 Th. Thierkohle }
400 „ Potasche } geben { 56 Th. Blutlaugensalz,

demnach 17,5 Th. aus 100 Th. Thierkohle.

Nach den Aussagen der Praktiker geben die Thierstoffe durchschnittlich den nämlichen Ertrag, man möge sie vorher verkohlen oder nicht, was mit der Theorie völlig übereinstimmt, da nur derjenige Theil des Stickstoffs der Thierstoffe zur Cyanbildung beiträgt, welcher auch bei der Verkohlung derselben zurückbleibt. Die Thierstoffe, deren Stickstoffgehalt zu 12 Proc. angenommen werden kann, hinterlassen bei ihrer Verkohlung $1/_3$ ihres Gewichtes Kohle von 5,5 Proc. Stickstoffgehalt. Von den ursprünglichen 12 Proc. Stickstoff bleiben demnach nur $\frac{5,5}{3}$ = 1,83 Proc. übrig, daher gehen 12,0 *minus* 1,83 = 10,17 Proc. Stickstoff für die Cyanbildung total verloren. 100 Th. thierische Rohstoffe enthalten daher noch nicht ganz 2 Th. (1,83 Th.) verwerthbaren Stickstoff, welche der Theorie nach 9,2 Th. Blutlaugensalz liefern. Eine Ausbeute von 10 Proc. ist daher schon etwas mehr, als der Theorie nach erwartet werden könnte.

§. 477.

Was die Quantität der Rohmaterialien betrifft, so soll man nehmen nach Brückner und Höfflmayr auf 100 Th. getrocknetes Blut 28—30 Th. Potasche und 2 — 4 Th. Hammerschlag oder Eisenfeile; auf 100 Th. Horn oder Klauen 33—35 Th. Potasche und 2—4 Th. Eisen; auf 100 Th. Leder 45—48 Th. Potasche und 2—4 Th. Eisen; bei verkohlten Thierstoffen gleiche Theile Potasche und Thierkohle. Nach den Angaben von Gentele soll man nehmen auf 100 Th. Potasche 65 Th. Thierkohle oder 100 Th. Horn. Die Schmelzpost beträgt $1^1/_5$ — 3 Centner. R. Brunnquell empfiehlt eine Beschickung aus 200 Pfd. Potasche (resp. einem Gemisch von $1/_3$ frischer Potasche mit $2/_3$ Mutterlaugensalz), 40 Pfd. Thierkohle (erhalten durch Verkohlung der stickstoffärmsten Rohstoffe, die demnach beim Schmel-

zen wenig Ammoniak liefern würden, so wie derjenigen Rohstoffe, welche sich wegen ihrer physischen Beschaffenheit nicht zur directen Verarbeitung eignen), 130—140 Pfd. möglichst scharf getrockneter und reiner Rohmaterialien und 16 Th. Eisen bestehend, als sehr vortheilhaft. Was den Zusatz des Eisens betrifft, so halten Viele denselben für absolut nothwendig, Andere haben wieder behauptet, er wirke nachtheilig. Nach den Erfahrungen aller Fabrikanten steht es fest, daß keine Mehrausbeute durch Eisenzuschlag, dagegen eine Schonung der Kessel erzielt wird. Bei von H. Fleck angestellten Versuchen hielt ein Schmelzkessel ohne Zusatz von Eisen nur 100, bei Eisenzuschlag 343, ein anderer sogar 405 Schmelzungen aus. Daß der Eisenzusatz unwesentlich ist, hat nach Brunnquell seinen Grund darin, daß das Eisen der Schmelzgeräthe fortwährend der Einwirkung der schmelzenden Masse unterliegt und deshalb stets mit einer Schicht von Schwefeleisen bedeckt ist, welche sich fortwährend erneuert; das frisch zugesetzte Eisen hat dagegen kaum Zeit, sich in Schwefeleisen umzuwandeln, worauf es schon wieder aus dem Ofen entfernt wird.

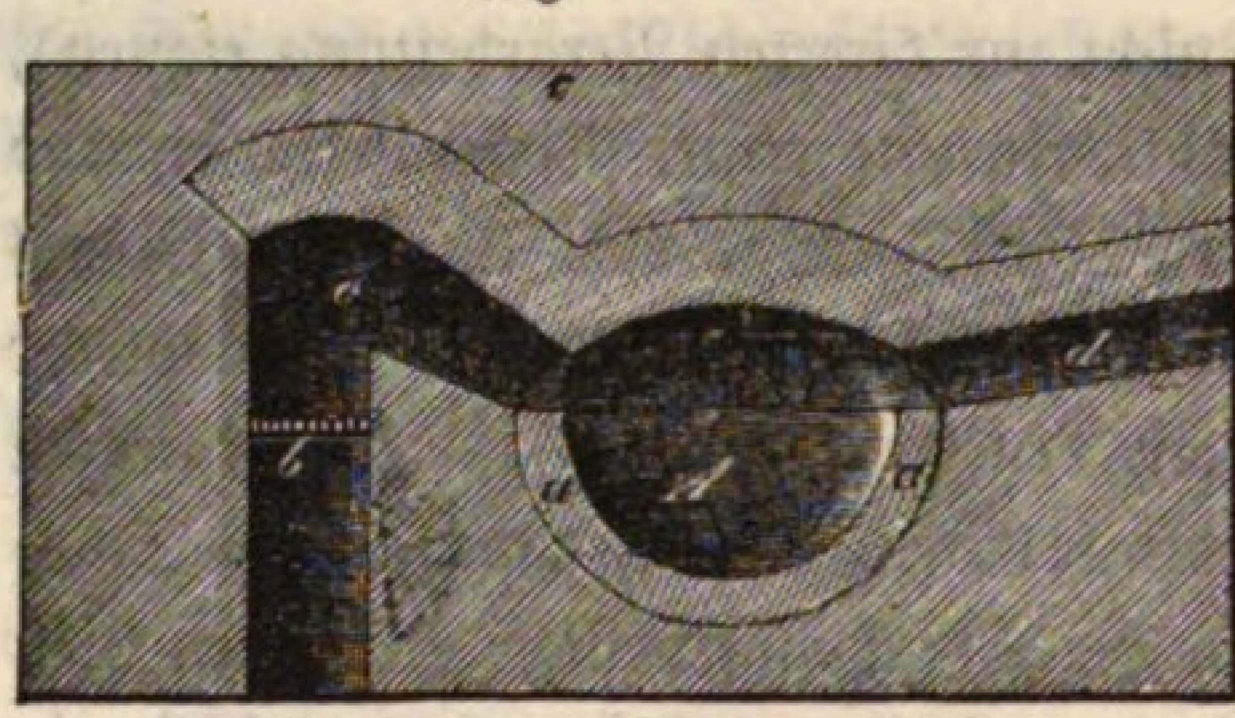
§. 478.

Das Zusammenschmelzen der Rohmaterialien geschieht entweder in geschlossenen gußeisernen Gefäßen (Muffeln, Birnen) oder in offenem Flammenofenfeuer. Die Muffel (Fig. 100) ist ein ei- oder birnenförmiger Kessel a von 4 Fuß Durchmesser in der Länge und $2^{2}/_{3}$ Fuß in der Breite; ihre Seitenwände sind 4—5 Zoll stark. Am vordern Theile befindet sich eine Mündung b von 9 Zoll Durchmesser, mit einem kurzen, nach außen etwas geschweiften Hals und am hintern Theile ein kegelförmiger dreieckiger Zapfen c von 9 bis 12 Zoll Länge. Die Muffel ist in horizontaler Lage in einen Ofen eingemauert (jedoch wird es für vortheilhafter gehalten, wenn der Zapfen etwas tiefer liegt als die Mündung), so daß der ganze Bauch in dem Ofenraum frei liegt und auf der untern und obern Seite g g von der vom Rost f aufsteigenden Flamme getroffen wird. Der Rauch zieht durch h ab. Da diese Muffeln sehr bald durchlöchert sind, so ist ihr Gebrauch sehr kostspielig. Durch Umdrehen der Muffel im Ofen, so daß die durchlöcherte Stelle nach oben kommt, und Verschmieren derselben mit Lehm kann sie allerdings noch einige Zeit benutzt werden. Diese Gefäße sind jedoch jetzt fast überall durch gußeiserne Kessel ersetzt, welche die Sohle eines Flammenofens bilden. Der Kessel oder die Schale a (Fig. 101) ist 10—12 Zoll dick und hat einen

Fig. 100.



Fig. 101.



Durchmesser von 3—5 Fuß. Auf den Rost wird das Brennmaterial geworfen, dessen Flamme durch den Kanal c in den Schmelzraum A, dann durch die Oeffnung d unter eine oder zwei Abdampfpfannen und darauf in die Esse geführt wird. Der Kanal c ist so beschaffen, daß die Flamme in den Kessel hineinschlägt. Der innere Ofenraum soll nicht größer als zur bequemen Handthierung nöthig und das Gewölbe möglichst flach sein. In englischen Blutlaugensalzfabriken wendet man anstatt der Muffeln dickwandige gußeiserne Kessel an, welche von unten und von den Seiten geheizt werden und von oben durch einen aufgeschraubten Deckel verschlossen sind. Diese Einrichtung erleichtert das Beschicken und Entleeren, gewährt aber hauptsächlich Ersparniß an Arbeitslohn, indem die Handarbeit des Rührens durch Maschinenkraft ersetzt ist. Ueber den in Reihen aufgestellten Kesseln läuft eine Welle hin; durch den Deckel eines jeden Kessels geht eine verticale Axe nieder, die mit dem obern Ende mit der Welle verkuppelt ist und am untern Ende mit einem quirlähnlichen Rührapparat in Verbindung steht.

§. 479.

Durch den Einfluß der hohen Temperatur auf die Rohmaterialien findet lebhafte Dampfbildung und Gasentwickelung statt, so daß die schmelzende Masse ihr Volumen außerordentlich vergrößert. Es kann deshalb niemals die ganze Schmelzpost auf einmal eingetragen werden, namentlich in dem Falle, in welchem man unverkohlte Thierstoffe anwendet. Von den unverkohlten Stoffen wendet man nur so viel auf einmal an, als das Gefäß bequem fassen kann. Ist diese Quantität abgebrannt, so füllt man so viel unverkohlte Stoffe wieder nach, bis endlich die ganze Schmelzpost beisammen ist; zu einer Portion giebt man zugleich die entsprechende Quantität Potasche. Nachdem die Beschickung vollständig eingetragen ist, wird unter jeweiligem Rühren fortgefeuert, bis das Ganze eine gleichförmige zusammengesunkene Masse bildet. Anfangs ist ein übelriechender dicker Rauch wahrzunehmen, darauf erscheint eine düstere, rothe, mit Weiß untermischte Flamme, welche wieder verschwindet, während die Masse zusammensinkt. Von nun an ist die Masse der mittelst verkohlter Materialien erhaltenen gleich.

Bei Anwendung von verkohlten Stoffen wird die ganze Schmelzpost auf einmal in den glühenden Kessel gebracht, dann wird sofort gefeuert

und alle Viertelstunden gut umgerührt. Im ersten Stadium verbreitet sich über die ganze Masse eine Flamme, welche später nur beim Umrühren erscheint. Nach einiger Zeit wird die Masse voluminöser, sinkt aber bald darauf wieder zusammen. Hierauf kommt sie zum Hellglühen und beim Umrühren erscheint sie krümelig. Es wird fortgeschürt und fleißig dabei gerührt. Jetzt wird der Eisenzusatz gegeben. Es zeigen sich nach einiger Zeit röthlich weiße Flämmchen beim Umrühren. Sobald diese Reaction wahrzunehmen ist, wird unter stärkerem Feuer öfter gerührt, bis die Masse dünnflüssiger geworden ist. Sobald die Masse an Consistenz gewinnt und die Flämmchen nur selten noch sich zeigen, entfernt man die Masse aus dem Kessel und bringt sie zum Abkühlen in die dazu bestimmten Schaalen. Das Schmelzgefäß erhält sogleich wieder eine neue Beschickung und das Glühen beginnt von Neuem. Eine jede Schmelzung dauert 6—7 Stunden.

Bei Anwendung eines Gemenges von unverkohlten und verkohlten Stoffen (combinirtes Verfahren, vergl. §. 475) verfährt Brunnquell auf folgende Weise: Die Potasche (200 Pfd.) wird bei vollem Feuer in vollständigen Fluß gebracht, was man durch zwei- bis dreimaliges Durcharbeiten erleichtert; man schließt dann Aschenfall und Füchse, schürt das Feuer nochmals gut und trägt nun unter fleißigem Rühren die Hälfte der Thierkohle (20 Pfd.) ein, bis die Schmelze die rechte Consistenz hat und die Reduction des Kaliums eingeleitet ist, was man an den in allen Theilen der Schmelze hervorbrechenden hellblauen Flämmchen von Kohlenoxydgas und an einem eigenthümlichen weißen Nebel (verbrannte Kaliumdämpfe) bemerkt. Man beginnt nun mit dem Eintragen der unverkohlten Rohmaterialien (130—140 Pfd.), wodurch die Masse krümelig und bröcklig wird, so daß ein gehöriges Unterbringen derselben unmöglich ist; man beeilt sich nun den Rest der Thierkohle (20 Pfd.) einzuschmelzen. Zuletzt rührt man nochmals gut durch, schließt für einige Augenblicke die Eintragsöffnung, um die Einwirkung der Kohle abzuwarten, und bringt dann möglichst rasch mit einer breiten Krücke in eiserne Kessel, die sogleich zugedeckt werden. Bei diesem Verfahren soll ein großer Theil des aus den unverkohlten Thierstoffen sich entwickelnden Ammoniaks in Cyan und deshalb die Ausbeute an Blutlaugensalz erhöht werden.

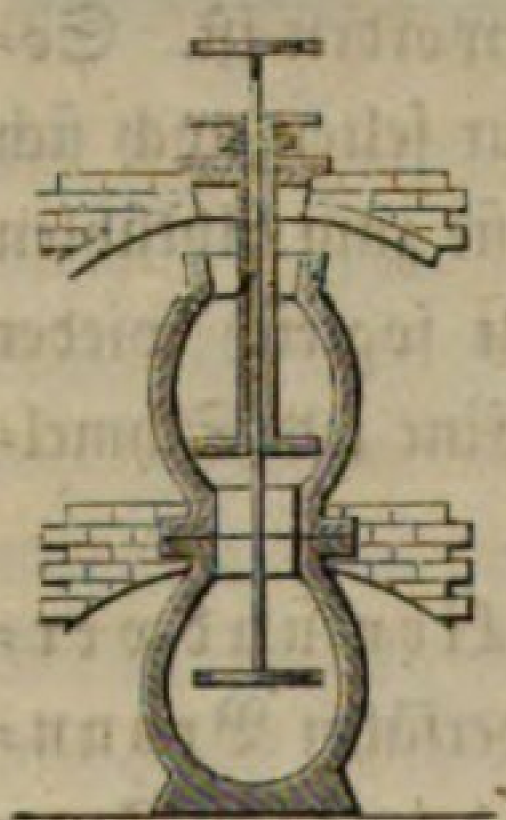
Vorschläge von Laming, Berry, E. Jacquemyn, Stephens und Nash und Anderen, das bei der Verkohlung von Thierstoffen sich bildende oder auf andere Weise erhaltene Ammoniak in Cyan überzuführen, vermochten sich bis jetzt in der Praxis keinen Eingang zu verschaffen.

§. 480.

Die von R. Brunnquell neuerdings vorgeschlagene Methode, auch

das Ammoniak, das unvermeidlich bei dem gewöhnlichen Verfahren der Blutlaugensalzfabrikation sich bildet, in Cyan zu verwandeln, ist sehr beachtenswerth. Nach seinen Vorschlägen würde ein gußeisernes, aus zwei Theilen bestehendes Gefäß (s. Fig. 102) in einem in zwei Etagen getheilten Flammenofen so eingemauert, daß die beide Theile verbindenden Flantschen in der horizontalen Scheidewand des Ofens säßen. Es würde nun der untere Theil desselben mit dem Gemenge aus gleichen Theilen möglichst stickstoffreicher thierischer Rohmaterialien und Potasche, der obere mit einem solchen aus Potasche mit 40—60 Proc. thierischer Kohle, erhalten durch Verkohlung der stickstoffärmsten Rohmaterialien, beschickt, darauf die Flamme zunächst in den oberen Theil des Ofens, nach einiger Zeit von da auch in den unteren Theil, und endlich erst in den unteren, dann in den oberen Theil des Ofens geleitet, was durch geschickt vertheilte Schieber, jedenfalls aber durch eine Gasfeuerung leicht zu erreichen wäre. Die Vortheile dieser Anordnung liegen auf der Hand; es würden nämlich 1) alle complicirten Röhrenverbindungen wegfallen, da die Erzeugung und Verwendung des Gases in demselben Gefäße geschieht; 2) die Gase absolut gezwungen sein, ihren Weg mitten durch die schmelzende Masse zu nehmen; 3) mit einer Operation sowol die gasförmigen Producte, als die rückständige Kohle verwerthet werden, während bei einer getrennten Verkohlung die verkohlten Stoffe in einer besonderen Arbeit nach dem alten Verfahren verarbeitet werden müßten; 4) würden auch die geringsten Rohmaterialien mit Vortheil verarbeitet werden können. Daß man im obern Theile auch blos Holzkohle anwenden könnte, ist selbstverständlich. Das Füllen geschieht durch eine Oeffnung in der Decke mit Hülfe eines Sturzes von Eisenblech; das Entleeren mittelst eines geeigneten Schöpfers oder durch ein Abstichloch am Boden. Die Gase würde man am einfachsten frei in den Ofen ausströmen und daselbst verbrennen lassen. Jedenfalls dürfte es zweckmäßig sein, einen oder vielmehr zwei Rührapparate anzuwenden, von denen der obere mit einer hohlen Axe zu versehen wäre, durch welche die des unteren durchginge, um so nach Belieben die Rührer einzeln in Bewegung setzen zu können.

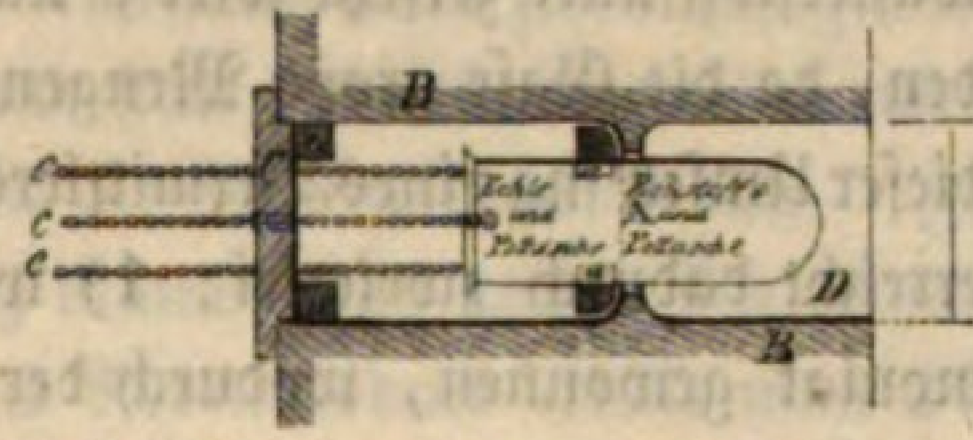
Fig. 102.



Ein Apparat zu weiteren Versuchen über dieses Verfahren könnte auch bestehen aus 1) einem gußeisernen Cylinder (unten geschlossen, oben offen) von etwa $1^1/_2$ Fuß Länge und 5 Zoll Durchmesser; 2) einem gewöhnlichen Tiegelofen von 11—12 Zoll Durchmesser mit einem ringförmigen Roste, durch den sich der Cylinder auf und nieder bewegen ließe. Die Anwendung ist selbstverständlich. Dieses Princip könnte wol auch im Großen angewendet werden,

indem man die allmälige Hebung durch einen Krahn bewirkte; die Einrichtung des Ofens würde dadurch bedeutend vereinfacht. Der Verf. fügt die Skizze eines derartigen Ofens bei, der wesentliche Vortheile vor der ersten Idee zu haben scheint. Derselbe ist in Fig. 103 dargestellt. A das gußeiserne Schmelzgefäß, B der runde Schachtofen, a a Füchse von der dahinter liegenden Feuerung, b b Füchse, die nach der Esse führen; D Gewölbe unterhalb des Ofens, c c c Ketten, an denen das Schmelzgefäß hängt; sie würden zweckmäßig durch eine Hebevorrichtung bei D ersetzt werden. Ein Rührer ließe sich leicht anbringen.

Fig. 103.



§. 481.

Ein anderes von Brunnquell vorgeschlagenes Verfahren der Blutlaugensalzfabrikation beruht auf der Umwandelung des Ammoniaks in Cyanammonium und Ueberführung des letzteren in Cyankalium oder vielmehr Blutlaugensalz auf nassem Wege. Die Vortheile dieses Verfahrens bestehen darin:

a) daß der große Verlust an Potasche und die mit ihrer Wiedergewinnung verbundenen Kosten hinwegfallen. Die Potasche wird zunächst in Wasser gelöst, wobei sie vom größten Theile der fremden Salze befreit wird; die Lösung wird dann mit so viel der betreffenden Cyanverbindung behandelt, daß sie zum größten Theil in Ferrocyankalium umgewandelt wird; man läßt dasselbe auskrystallisiren und benutzt dann die Mutterlauge ohne Weiteres wieder zu demselben Zwecke;

b) daß die Möglichkeit gegeben ist, die Potasche durch die bedeutend wohlfeilere Soda zu ersetzen;

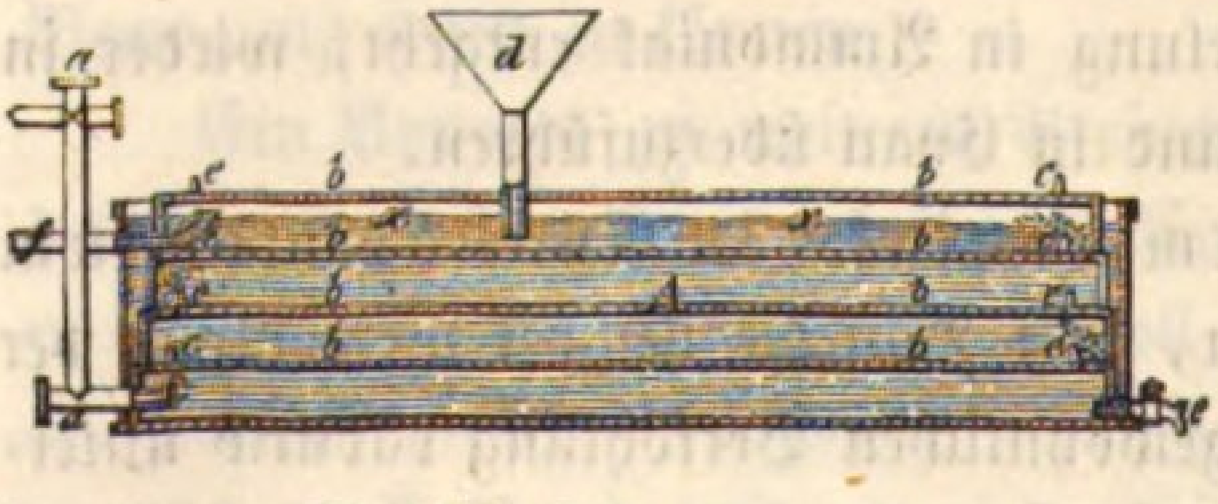
c) daß bei diesem Verfahren Knochen angewendet werden können, deren Nebenproduct, die Knochenkohle, unter den meisten Verhältnissen die Kosten der Knochen und der Verkohlung decken und demnach die stickstoffhaltigen Gase ganz umsonst liefern würde;

d) daß es möglich ist, denjenigen Theil des Ammoniaks, welcher bei der gewöhnlichen Methode der Umwandelung in Ammoniak entgeht, wieder in den Kreis der Fabrikation zu ziehen und in Cyan überzuführen.

Die Umwandelung des Ammoniaks in Cyanammonium soll auf die Weise ausgeführt werden, daß man die bei der Verkohlung der Thierstoffe — welche sich von der gewöhnlichen Verkohlung dadurch unterscheidet, daß man zu dem vorliegenden Zwecke allen Stickstoff so weit als möglich als Ammoniak auszutreiben sucht, während man sonst eine möglichst

stickstoffreiche Kohle herzustellen beabsichtigt — sich entwickelnden Gase durch stark glühende Charmotteröhren streichen läßt, die mit nußgroßen Holzkohlestücken angefüllt sind. Die Ueberführung des Cyanammoniums in Cyankalium (Ferrocyankalium) kann nicht geschehen durch Potaschenlösung, weil kohlensaures Kali weder durch Cyanammonium, noch durch Cyanwasserstoffsäure zersetzt wird; auch ätzendes Kali kann nicht angewendet werden, da die Gase große Mengen Kohlensäure enthalten. Es bedarf daher zu dieser Umsetzung eines Vermittlers, wozu man Eisenvitriol wählt. Man erreicht dadurch zweierlei: 1) wird alles Ammoniak als schwefelsaures Ammoniak gewonnen, wodurch der Eisenvitriol reichlich bezahlt wird, 2) wird das Cyanammonium sogleich in eine unlösliche Cyanverbindung (Eisencyanür) übergeführt, vermittelst deren durch Behandlung mit kohlensaurem Kali und Natron leicht Blutlaugensalz erhalten werden kann. Eine Schwierigkeit liegt dabei in der vollständigen Absorption des Cyanammoniums, die Gase möglichst lange mit der Eisenvitriollösung in Berührung zu lassen, ohne dadurch einen großen Gasdruck zu erzeugen. Der Verf. hat zu diesem Zwecke einen Apparat construirt, der sich durch seine Einfachheit und fast beliebig zu vergrößernde Wirksamkeit sehr empfehlen dürfte. Stellt man sich einen Kasten von etwa 6 Fuß Länge, 2 Fuß Breite, 8 Zoll Höhe und in demselben vier flache Kästen von zwei Zoll Randhöhe, mit ihrer Oeffnung nach unten gekehrt, vor, einen auf den anderen aufgestellt, in dem Boden der letzteren abwechselnd auf dem einen, bei dem nächsten auf dem anderen Ende der schmalen Seite Ausschnitte angebracht, und den Kasten mit Flüssigkeit angefüllt; läßt man nun unter der ersten dieser Scheidewände Gas eintreten, so wird sich dasselbe unter derselben zu einer sich vergrößernden Blase (ungefähr wie die Luftblasen unter dem Eise) ausbreiten, bis es die Oeffnungen am Ende des Bodens erreicht hat, durch welche sodann das Gas in einzelnen Blasen aufsteigt, um unter dem zweiten, dritten und vierten Boden dasselbe Spiel zu beginnen. Fig. 104 stellt einen derartig construirten Apparat vor: a, a ist das Gaszuleitungsrohr, A der Kasten aus Eisenblech, b, b flache Kästen aus Eisenblech, die Oeffnungen nach unten gekehrt, c, c Handgriffe zum Herausnehmen derselben, d Fülltrichter, e Abzugshahn, f Ableitungsrohr, x, x Flüssigkeitsspiegel. Dort, wo die Röhren a, f in e einmünden, haben die Seitenwände der Kästen b, b entsprechende Ausschnitte.

Fig. 104.



Durch Absetzenlassen und Filtriren wird die Flüssigkeit von dem Nieder-

schlage getrennt; die Lösung von schwefelsaurem Ammoniak wird eingedampft und entweder das Salz an Alaunwerke abgegeben, oder mit Kalk gemengt den Thierstoffen beigemengt, damit das darin enthaltene Ammoniak gleichfalls noch in Cyan übergeführt werde; die Waschwässer dienen zum Auflösen neuer Mengen Eisenvitriol. Der ausgewaschene Niederschlag wird durch Potaschelösung in Blutlaugensalz übergeführt. Der Rückstand kann zweckmäßig durch rohe Salzsäure in Eisenchlorür verwandelt und statt des Eisenvitriols verwendet werden, in welchem Falle man Salmiak als Nebenproduct erhält. Zur Erzielung von 300 Centnern Blutlaugensalz braucht man 187,3 Ctr. Cyanammonium und 600 Ctr. Eisenvitriol; als Nebenproduct erhält man 243 Ctr. schwefelsaures Ammoniak. Die Krystallisation und Darstellung des Blutlaugensalzes in verkäuflicher Form hat keine Schwierigkeiten, da man es mit weit reineren Substanzen zu thun hat.

Das neue Verfahren hat nach dem Verf. vor dem alten den Vorzug,

1) daß dadurch an Arbeit erspart wird; die stets zwei Arbeiter erfordernde Schmelzarbeit fällt weg, ein einziger Arbeiter kann zwei Oefen mit einer großen Anzahl Charmotteröhren versorgen, da er nur zu feuern und alle zwei bis drei Tage die Röhren zu öffnen und etwas Kohle nachzufüllen hat. Die mit der Behandlung mit Eisenvitriol verbundene Arbeit wird durch das Auslaugen der kohligen Rückstände, das Abfiltriren und Auswaschen derselben reichlich aufgewogen; dagegen fällt alle zur Wiedergewinnung der Mutterlaugensalze erforderliche Arbeit hinweg.

2) Obgleich der Brennstoffverbrauch wegen der langsamer von statten gehenden Cyanbildung bedeutender ist, als nach dem älteren Verfahren, so wird, selbst wenn man den doppelten Verbrauch annimmt, dieser Nachtheil doch weit von den Vortheilen überwogen.

§. 482.

Behandeln der erkalteten Schmelze.

Die nach dem gewöhnlichen Verfahren der Blutlaugensalzfabrikation erhaltene Schmelze muß nach dem Erkalten mit Wasser behandelt werden. Sie wird zu diesem Zwecke in kleine, höchstens faustgroße Stücke zerschlagen und dann mit Wasser ausgelaugt. Da die Schmelze kein fertig gebildetes Blutlaugensalz enthält, sondern letzteres sich erst während der Einwirkung des Wassers aus dem vorhandenen Cyankalium und Schwefeleisen bildet, so ist es zweckmäßig, die zerkleinerte Schmelze oft einen Tag lang mit kaltem Wasser zu digeriren und dann erst zum Auslaugen unter Anwendung von Wärme zu schreiten. Die ehedem gebräuchliche Methode, die Schmelze sofort aus dem Schmelzofen in Wasser zu schütten, ist verwerflich, weil dadurch ein nicht un-

bedeutender Theil des in der Schmelze enthaltenen Cyankalium unter Freiwerden von Ammoniak zersetzt wird und für die Blutlaugensalzbildung verloren geht.

Man sucht die Lauge so concentrirt zu erhalten, daß sie wenigstens 18° Baumé, wo möglich 25° B. zeigt. Hat sie diese Concentration erreicht, so läßt man sie ruhig stehen, bis sich das Ungelöste abgeschieden hat, worauf man die klare Flüssigkeit durch Decantiren von dem Bodensatze trennt und in ein dazu bestimmtes Klärfaß bringt. Der ungelöste Rückstand wird durch siedendes Wasser vollends erschöpft und die erhaltene schwache Lauge zum Auflösen von neuer Schmelze verwendet. Die ausgelaugten Rückstände sind in der Landwirthschaft noch zweckmäßig als Neben- oder Beidünger zu verwenden. Man hat auch ihre Benutzung als Cementpulver zur Fabrikation von Cementstahl vorgeschlagen[1]).

§. 483.
Krystallisation der Blutlauge.

Die erhaltene Lauge, Blutlauge, ist von schmutziggelber Farbe; man dampft sie in eisernen Pfannen bis auf 30—31° Baumé ein und stellt sie dann in mit Blei ausgefütterten Kufen oder auch in Geschirren aus Steinzeug zur Krystallisation hin. Während des Eindampfens darf die Temperatur der Flüssigkeit nie ganz den Siedepunkt erreichen. Wenn nach einigen Tagen keine Krystalle mehr anschießen, gießt man die Mutterlauge ab, dampft sie bis 46—48° B. ein und scheidet durch Stehen in der Kälte noch das darin enthaltene Salz ab. Die rückständige Lauge wird zur Trockne verdampft und unter dem Namen Blausalz als Potasche der neuen Schmelzung zugegeben.

Nach einer anderen Methode dampft man die klare Lauge bei etwa 85—90° C. bis zu 56° B. oder 1,60 spec. Gew. ein, schöpft sie dann in einen gußeisernen Kessel und läßt sie darin unter öfterem und heftigem Umrühren, bis zum völligen Erkalten der Flüssigkeit. Hierdurch fällt der größte Theil des Blutlaugensalzes als Pulver nieder. — Zur Vereinfachung der Operation soll man nach Gentele mit der Rohlauge genau so wie mit der Salzsoole

[1]) Brunnquell fand bei der Analyse solcher Rückstände: 15,5 Proc. Kohle (fast ganz stickstofffrei), 84,5 Proc. unorganische Bestandtheile, aus kieselsaurem und phosphorsaurem Kalk und Magnesia, Thonerde, Kali und Schwefeleisen bestehend. Läßt man dieselben längere Zeit an der Luft liegen, so bildet sich durch Verwitterung des Schwefeleisens Eisenvitriol und dieser giebt dann mit dem kieselsauren und dem durch Einwirkung der Luft entstandenen kohlensauren Kali schwefelsaures Kali, und zwar in solcher Menge, daß dessen Gewinnung lohnt.

der Salinen verfahren und die Abscheidung der Krystalle nicht durch Erkaltenlassen, sondern durch fortgesetztes Eindampfen, unter fortwährendem Nachgießen von Rohlauge erzielen. Bei 35° beginnt die Abscheidung; das Salz wird gesoggt, d. h. herausgekrückt und abtropfen gelassen. Das Eindampfen wird fortgesetzt, bis die Lauge 50° B. zeigt, bei welcher Concentration die Lauge abgekühlt wird, wobei sich noch Blutlaugensalz abscheidet.

Zur Entschwefelung der Mutterlauge empfiehlt Habich Spatheisenstein (vergl. Seite 40) und zwar aus dem Grunde, um das Schwefelkalium, das beim Zusammenschmelzen mit Thierkohle kein Cyankalium bildet, und deshalb als kostspieliger Ballast mit durch die Fabrikation geschleppt wird, sofort in nutzbares kohlensaures Kali überzuführen [1]).

§. 484.

Die erhaltenen Krystalle sind klein, blättrig, unansehnlich und sehr unrein und werden deshalb umkrystallisirt. Zu diesem Behufe übergießt man das Salz mit so viel Wasser, daß man eine Auflösung erhält, welche bei 100° C. im Sommer 28—30° B., im Winter aber nur 26—28° B., entsprechend im ersten Falle 1,26, im zweiten Falle 1,22—1,24 sp. G. haben darf. Die Lösung wird noch siedend heiß in ein Klärgefäß gebracht, dieses sogleich zugedeckt und noch von außen mit Tüchern oder Strohmatten behängt, damit die Abkühlung nicht zu schnell erfolge. In diesem Klärgefäße setzt sich die in der Flüssigkeit suspendirte fein zertheilte Kohle, so wie ein großer Theil des in der Lauge enthaltenen schwefelsauren Kalis ab. Nach einigen Stunden läßt man die noch warme klare Lösung in die Krystallisirgefäße laufen, in welchen sich Fäden oder Holzstäbchen befinden, an denen sich das Salz in schönen Trauben absetzt. Das so erhaltene Blutlaugensalz wird schnell mit kaltem Wasser abgewaschen, getrocknet und aufbewahrt.

Die Krystalle erscheinen zuweilen, wenn man nicht gehörig ausgelaugte und deshalb gerbstoffhaltige, hölzerne Gefäße anwendete, grünlich gefärbt. Man beseitigt diese Färbung durch Zusatz von etwas rothem Blutlaugensalz

---

1) Brunnquell fand in schwach calcinirtem Mutterlaugensalze von einmal gebrauchter Potasche:

kohlensaures Kali	71,9	Proc.
kieselsaures Kali	11,9	„
Schwefelkalium	4,3	„
Unlösliches	1,6	„
Wasser	2,1	„

außerdem geringe Mengen Chlorkalium, phosphorsaures Kali, Schwefelcyankalium, schwefelsaures Kali.

oder arseniger Säure. Den häufig gewünschten orangefarbenen Ton ertheilt man den Krystallen dadurch, daß man der Salzlösung eine kleine Menge einer Abkochung von lohgarem Leder mit verdünnter Kalilösung zusetzt.

Das Blutlaugensalz der Fabriken enthält außer Ferrocyankalium schwefelsaures und kohlensaures Kali, so wie kleine Mengen von Schwefelcyankalium.

§. 485.

Theorie der Blutlaugensalzbildung.

Die Quantität von Potasche, welche bei dem gewöhnlichen Verfahren der Blutlaugensalzfabrikation verloren geht, ist nicht unbedeutend. Nach der Theorie würden 10 Th. Blutlaugensalz (erhalten aus 100 Th. thierischer Stoffe) nicht mehr als 6,53 Th. kohlensaures Kali, also etwa 8 Th. Potasche bedürfen, während man in der Praxis auf 100 Th. des ersteren auch 100 Th. Potasche, demnach das 12,5fache nehmen muß, weil bei Anwendung von größeren Mengen von Thierstoffen die Schmelze zu strengflüssig und trocken wird. Brunnquell hat durch Versuche nachgewiesen, daß mehr als 120 Th. Thierstoffe auf 100 Th. Potasche gar nicht verarbeitet werden können und die Ausbeute vermindert wird. Alle Angaben stimmen darin überein, daß bei unverkohlten Stoffen etwa gleiche Theile, bei verkohlten 65—70 Proc. angewendet werden sollen, was, da 70 Th. der letzteren 210 Th. unverkohlten Stoffen gleichkommen, allerdings zu Gunsten der Anwendung von verkohlten Materialien spricht. Einen großen Antheil an der zu geringen Ausbeute an Blutlaugensalz hat ohne Zweifel die zur Cyankaliumbildung erforderliche hohe Temperatur, wodurch ein guter Theil Kalium reducirt und verflüchtigt wird. Es verdient daher der Vorschlag von Fr. Reindel in Kempten alle Beachtung, zur Blutlaugensalzfabrikation, namentlich dann, wenn das Salz unmittelbar zur Fabrikation von Berlinerblau verwendet wird, anstatt der Potasche ein Gemenge derselben mit Soda anzuwenden, da, abgesehen von dem geringeren Preis der Soda, ein solches Gemenge einen sehr niedrigen Schmelzpunkt besitzt, weshalb der Verflüchtigung der Alkalimetalle zum größten Theile vorgebeugt wäre. Ein anderer und bei weitem größerer Theil der Potasche, die nicht als Blutlaugensalz zum Vorschein kommt, erscheint in der Mutterlauge wieder und kann demnach wieder benutzt werden. Jedenfalls liegt aber darin ein großer Uebelstand der Fabrikation, immer das 12fache als todten Ballast in Arbeit zu nehmen, mit Aufwand an Brennmaterial und Arbeitskraft zu schmelzen, wieder aufzulösen, einzudampfen und zu calciniren. Gleichwol ist die geringe Ausbeute, welche die Fabrikation der Blutlaugensalze gewährt, eine

nothwendige und unabänderliche Folge des dabei in Anwendung gebrachten chemischen Processes.

§. 486.

Durch die Untersuchungen von v. Liebig, A. Reimann und Andere ist es als ausgemacht zu betrachten, daß kohlensaures Kali, schwefelsaures Kali, stickstoff- und schwefelhaltige Kohle und Eisen in Wechselwirkung treten. Indem sich ein Theil der Kohle mit dem Sauerstoff des Kali, der Kohlensäure und der Schwefelsäure zu Kohlenoxyd vereinigt, entsteht Kalium, das sich zum kleinen Theile verflüchtigt, und Schwefelkalium. Ersteres vereinigt sich mit dem Stickstoff und Kohlenstoff der Thierkohle zu Cyankalium, letzteres mit denselben Elementen zu Schwefelcyankalium, welches letztere mit dem Eisen Schwefeleisen bildet, während das gesammte Cyankalium zurückbleibt:

Schwefelcyankalium		Cyankalium
$C_2\,N\,S_2\,K$	geben	$C_2\,N\,K$
Eisen 2 Fe		Schwefeleisen 2 Fe S.

Die Schmelze enthält demnach Cyankalium und Schwefeleisen. Beim Auslaugen derselben mit Wasser bildet sich Blutlaugensalz und Schwefelkalium:

Cyankalium		Blutlaugensalz
$3\,C_2\,N\,K$	geben	$C_6\,N_3\,K_2\,Fe$
Schwefeleisen Fe S		Schwefelkalium K S.

Nach dem, was man über das Verhalten des Blutlaugensalzes in der Wärme weiß, wobei es sich in Cyankalium, Kohlenstoffeisen und Stickstoffgas zersetzt, ist es erklärlich, warum die Schmelze keine Spur von Blutlaugensalz enthalten kann; aus der Theorie folgt auch, daß das Blutlaugensalz erst bei der Auflösung der Schmelze gebildet wird, und zwar durch die Einwirkung der löslichen Bestandtheile der Lauge auf den unlöslichen Rückstand der Schmelze.

Runge nimmt das Blutlaugensalz fertig gebildet in der Schmelze an und stützt sich dabei auf Versuche, die er mit, wie es scheint, nicht ganz frischer Schmelze, auf welche die Feuchtigkeit der Luft ihre Einwirkung geäußert hatte, anstellte. Von dieser in ungleichem Maße stattgehabten Einwirkung mögen daher die so sehr abweichenden Resultate verschiedener Chemiker herrühren. Aus den Versuchen von A. Reimann scheint ferner hervorzugehen, daß es hauptsächlich das fein zertheilte amorphe Schwefeleisen ist, das die rasche Ueberführung des Cyankaliums in Blutlaugensalz bewirkt, während das krystallisirte Schwefeleisen, wie es zuweilen in bei sehr hoher Temperatur erzeugten Schmelzen sich bildet, weit langsamer

wirkt. Es wird daher ein Gehalt der Schmelze an Schwefelkalium immer günstig sein, indem dadurch beim Zusatz von Eisenvitriol oder auch nach Habich von gepulvertem Spatheisenstein während des Auslaugens der Schmelze frischgefälltes Schwefeleisen gebildet wird.

Die Anwendung des Blutlaugensalzes ist bekannt, sie erstreckt sich auf die Herstellung von blauen und grünen Farben, auf die Fabrikation von Cyankalium rc. Das Blutlaugensalz macht ferner einen wesentlichen Bestandtheil gewisser Cement- und Schweißpulver (zum Verstählen und Schweißen von Stahl) aus.

§. 487.

Rothes Blutlaugensalz.

Das rothe Blutlaugensalz, Kaliumeisencyanid, Ferridcyankalium, Gmelins Salz (ferricyanure de potassium, prussiate rouge, *sesquiferrocyanate of potasse*) besteht in 100 Theilen aus

	Kalium	35,58	Th.
Cyan	Kohlenstoff	21,63	„
	Stickstoff	25,54	„
	Eisen	17,29	„

und wird betrachtet als eine Verbindung von Ferridcyan ($2\ Fe + 6\ C_2\ N = 2\ Cfy$) mit Kalium: $2\ Cfy,\ K_3$, oder als eine Verbindung von Eisencyanid ($2\ Fe,\ 3\ C_2\ N = Fe_2\ Cy_3$) mit Cyankalium: $Fe_2\ Cy_3 + 3\ K\ Cy$.

Man erhält es, indem man entweder durch eine Lösung des gelben Blutlaugensalzes Chlorgas leitet, bis Eisenoxyd nicht mehr gefällt wird und die Lösung zum Krystallisiren abdampft; oder auf trocknem Wege, indem man fein zerriebenes Blutlaugensalz der Wirkung von Chlorgas aussetzt, wobei es häufig umgerührt, oder in einem Fasse, welches sich langsam um seine Axe dreht, und in welches man das Chlorgas einleitet, bewegt werden muß. Sobald das Chlorgas nicht mehr absorbirt wird, muß die Operation sofort unterbrochen und das Pulver der Wirkung entzogen werden. Man löst das Salz dann in möglichst wenig Wasser; rothes Blutlaugensalz krystallisirt heraus, während Chlorkalium aufgelöst bleibt:

Gelbes Blutlaugensalz		Rothes Blutlaugensalz
$2\ (C_6\ N_3\ Fe\ K_2)$	geben	$C_{12}\ N_6\ Fe_2\ K_3$
Chlor Cl		Chlorkalium Cl K.

Läßt man das Chlor zu lange Zeit einwirken, so bildet sich Chlorcyan und es entsteht eine dunkelrothe Flüssigkeit, aus welcher sich beim Erwärmen eine grüne Verbindung (sogenanntes grünes Berlinerblau) abscheidet, die durch die Filter geht und das Reinigen des Salzes sehr erschwert. Die Krystallisation zeigt in der Regel den Uebelstand, daß bei weitem der größte

Theil eine blumenkohlartig zusammengehäufte Masse bildet, während nur ein kleiner Theil in ausgebildeten Krystallen sich abscheidet. Dieser Umstand ist zu beseitigen, wenn man das Hindurchleiten des Chlorgases unterbricht, ehe die Ueberführung des gelben Blutlaugensalzes in rothes gänzlich geschehen ist, was man durch die Reaction auf Eisenoxydsalze deutlich erkennen kann. Man kann auch durch Zusatz einer kleinen Quantität von gelbem Blutlaugensalz nachhelfen.

§. 488.

Das rothe Blutlaugensalz krystallisirt in morgenrothen, wasserfreien, an der Luft unveränderlichen, dem monoklinoedrischen Systeme angehörigen Prismen, die sich in 3,8 Th. kaltem und in geringerer Quantität siedendem Wasser lösen. Die Auflösung besitzt eine braungelbe, bei größerer Verdünnung eine gelbe Farbe. Es ist unlöslich in Alkohol. Das rothe Blutlaugensalz verwandelt sich durch ätzendes Kali oder Natron leicht in gelbes Blutlaugensalz, sobald es mit oxydirbaren Körpern zusammenkommt. Wenn man z. B. ein Bleisalz mit Kali und einer Auflösung von rothem Blutlaugensalz kocht, so schlägt sich braunes Bleisuperoxyd (Seite 417) nieder[1]. Eine Mischung von rothem Blutlaugensalz mit Kali findet unter dem Namen Mercer's Liquor in dem Zeugdruck zur Zerstörung des Indigblau wichtige Anwendung. Das rothe Blutlaugensalz dient hauptsächlich zur Herstellung von Berlinerblau.

§. 489.

Nitroprussidnatrium.

Das Nitroprussidnatrium (Nitroferridcyannatrium, Playfairs Salz, nitroferricyanure de sodium, *nitroprusside of sodium*), ist eine im Jahre 1849 von L. Playfair dargestellte Verbindung, indem man Salpetersäure in der Wärme auf gelbes Blutlaugensalz einwirken läßt. Man wendet auf 1 Aequiv. des letzteren 5 Aequiv. Säure, die mit ihrem gleichen Volumen Wasser verdünnt ist, an. Man digerirt im Wasserbade, bis keine Gasentwickelung mehr stattfindet und Eisenvitriol nicht mehr blau, sondern schieferfarbig gefällt wird. Beim Abkühlen scheidet sich viel Salpeter ab. Man

---

[1]) Neuerdings hat Overbeck diese Reaction zur Darstellung des Bleisuperoxydes vorgeschlagen.

Da man das gelbe Blutlaugensalz in rothes erst durch die Einwirkung von Chlorgas überführt, so ist nicht wol einzusehen, warum der Verf. das Zwischenglied (rothes Blutlaugensalz) in Action treten läßt und es nicht vorzieht, das Chlorgas direct auf Bleioxydhydrat einwirken zu lassen.

neutralisirt die von dem Salpeter abgegossene Flüssigkeit mit kohlensaurem Natron, erhitzt sie darauf bis zum Sieden, filtrirt den entstandenen grünen oder braunen Niederschlag ab und verdunstet die rubinrothe Flüssigkeit zur Krystallisation.

Es bildet rubinrothe Krystalle, die an der Luft unveränderlich sind, sich in $2^1/_2$ Th. Wasser von 15° und in einer geringeren Menge siedenden Wassers lösen. Mit löslichen Schwefelmetallen giebt die Lösung eine prächtig purpurrothe Färbung.

Man wendet deshalb in der Technik das Nitroprussidnatrium als Reagens auf Schwefelwasserstoff und Schwefelleber, sowie auf schweflige Säure an, indem man letztere durch Wasserstoffgas in Schwefelwasserstoff überführt und das sich entwickelnde Gas in eine mit etwas Kali versetzte Lösung von Nitroprussidnatrium leitet.

§. 490.
Berlinerblau.

Das Berlinerblau (Pariserblau, Eisencyanürcyanid, Ferrocyanideisen, bleu de prusse, *prussian blue*), wesentlich eine Verbindung von Eisen mit Cyan, steht unter denjenigen Farben, welche wegen ihrer allgemeinen Verwendung fabrikmäßig dargestellt werden, mit dem Bleiweiß und Ultramarin in einer Reihe. Die großen Vorzüge, welche ihm sein großes Deckvermögen und seine Aufstreichbarkeit verleihen, sichern dieser Farbe eben so die Zukunft, als die Möglichkeit, durch Vermischen mit chromsaurem Bleioxyd oder Zinkoxyd daraus den grünen Zinnober herzustellen.

Man unterscheidet drei verschiedene Sorten Berlinerblau, die sich von einander durch ihre Bereitungsweise und ihre Zusammensetzung unterscheiden, nämlich das neutrale, das basische Berlinerblau und ein Gemisch von beiden.

Das neutrale Berlinerblau (Pariserblau, Erlangerblau, Hamburgerblau) wird erhalten, indem man eine Lösung von gelbem Blutlaugensalz in eine Lösung von Eisenchlorid oder in die eines Eisenoxydsalzes gießt:

Blutlaugensalz $3\,(C_6\,N_3\,Fe\,K_2)$ Eisenchlorid $2\,(Fe_2\,Cl_3)$	geben	Neutrales Berlinerblau $C_{18}\,N_9\,Fe_7 = 2\,Fe_2\,Cy_3 + 3\,Fe\,Cy$ Chlorkalium $6\,K\,Cl.$

Es bildet sich ein prächtig blauer, sehr voluminöser Niederschlag, welcher sich nur schwierig auswaschen läßt und stets eine gewisse Menge gelbes Blutlaugensalz enthält, das durch Auswaschen nicht entfernt werden kann.

Das basische Berlinerblau entsteht durch Fällen von gelbem

Blutlaugensalz mit Eisenoxydullösung, wodurch ein weißer Niederschlag von Eisencyanür entsteht, welcher an der Luft oder durch oxydirende Agentien blau wird, indem ein Theil des Eisens sich oxydirt, wodurch ein anderer Theil Eisencyanür jenes Cyan aufnimmt und dadurch in Cyanid übergeht, welchem sich mit dem übrig gebliebenen Cyanür zu Berlinerblau vereinigt, welches Eisenoxyd beigemischt ist. Man giebt an, das basische Berlinerblau unterscheide sich von dem neutralen dadurch, daß es im Wasser löslich sei. Dieß ist insofern nicht richtig, als die Löslichkeit dieser Verbindung durch einen Gehalt an Blutlaugensalz bedingt ist.

Da man im Fabrikbetriebe aber weder reines Eisenoxydul- noch ein reines Eisenoxydsalz anwendet, sondern immer ein oxydhaltiges Eisenoxydulsalz, so besteht der Niederschlag anfangs immer aus einem Gemenge von neutralem Berlinerblau mit weißem Eisencyanür, welches später in basisches Berlinerblau übergeht. Das Berlinerblau des Handels ist daher immer ein Gemisch von neutralem mit basischem Berlinerblau in wechselnden Verhältnissen.

§. 491.

Von der Wahl der Materialien ist die Schönheit des Productes abhängig. Zu der Bereitung des Pariserblaus wendet man gereinigtes, wiederholt umkrystallisirtes Blutlaugensalz an; zu gewöhnlichem Berlinerblau benutzt man rohe Blutlauge, selbst die Mutterlauge von den Blutlaugensalzkrystallen. Bei dem letzteren Verfahren ist das in der Lauge vorhandene Schwefelkalium und das kohlensaure Kali von Nachtheil, indem sie das Fabrikat mit Eisenoxyd und Thonerde verunreinigen würden. Man hilft diesem Uebelstande ab, indem man zu dem Eisenoxydulsalze Alaun setzt, dessen Thonerde vom kohlensauren Kali niedergeschlagen wird. Auch das Schwefelkalium zersetzt einen Theil des Alauns unter Entwickelung von Schwefelwasserstoff. Zugleich bilden sich kleine Mengen von Schwefeleisen, das dem Berlinerblau eine schmutzige Farbe ertheilt. Durch längere Zeit fortgesetztes Auswaschen mit lufthaltigem Wasser wird dieses Schwefeleisen in schwefelsaures Eisenoxydul verwandelt, das durch das Auswaschen entfernt wird.

Als Eisenoxydulsalz wendet man allgemein Eisenvitriollösung an, die durchaus frei von Kupfer sein muß, indem Kupfersalze mit Blutlaugensalz einen chocoladebraunen Niederschlag geben. Gewöhnlicher kupferhaltiger Eisenvitriol wird durch Sieden der Lösung mit etwas Schwefelsäure und Eisenfeile vom Kupfer befreit, doch erwächst aus dieser Behandlung der Nachtheil, daß alles in der Lösung befindliche Oxyd zu Oxydul reducirt wird, während das Oxyd gerade zur Herstellung von Berlinerblau vortheilhaft ist.

Man wendet daher sogleich möglichst kupferfreien Eisenvitriol an, den man bei Zutritt der Luft aufbewahrt, bis er sich mit einer Kruste von basisch schwefelsaurem Eisenoxyd überzogen hat. Zur Herstellung des feinsten Berlinerblaus hat man in einigen Fabriken den Eisenvitriol durch salpetersaures Eisenoxyd ersetzt.

§. 492.

Nach dem älteren Verfahren löst man den Eisenvitriol und den Alaun in siedendem Regen- oder Flußwasser, klärt die Flüssigkeit durch Decantiren und schüttet sie noch heiß unter beständigem Umrühren in die heiße Blutlauge, so lange als noch ein Niederschlag erfolgt. Auf 3 Th. Eisenvitriol rechnet man $44^1/_4$ Th. Blutlaugensalz. Man zieht die über dem Niederschlage stehende Flüssigkeit ab und ersetzt sie durch frisches, lufthaltiges Wasser, läßt wieder absetzen und fährt damit fort, bis alles schwefelsaure Kali entfernt ist. Man bringt nun den Niederschlag auf Seihetücher zum Abtropfen und unterwirft ihn dann der Anfeuerung. Zu diesem Zwecke erhitzt man den im Wasser suspendirten Niederschlag in einem Kupferkessel bis zum Sieden, setzt dann Salpetersäure (auf den Niederschlag von 3 Th. Eisenvitriol 1,8 Th. Salpetersäure von 27° B.) hinzu, kocht noch einige Minuten, entleert das Ganze in einen Bottich, setzt (1,3 Th.) englische Schwefelsäure hinzu. Nach Verlauf von einigen Tagen wird der unterdessen blau gewordene Niederschlag ausgewaschen, an der Luft etwas getrocknet, ausgepreßt, in kleine länglich viereckige Stückchen zerschnitten, in schwach geheizten Trockenkammern getrocknet und zuletzt in einem bis auf etwa 80° geheizten Raume getrocknet. Da sich das Berlinerblau nach dem Austrocknen nur mit großer Schwierigkeit in den Zustand feinster Zertheilung zurückführen läßt, den es frisch gefällt hatte, so bringt man es auch als Teig (en pâte) in den Handel.

Die dem Berlinerblau beigemengte Thonerde hat sich aufs innigste mit dem Blau gemischt und vergrößert so die Quantität, ohne die Intensität der Farbe zu beeinträchtigen. Sind dem Berlinerblau größere Mengen von Thonerde beigemengt, so wird seine Farbe natürlich lichter und es heißt dann Mineralblau, obgleich man unter dieser Benennung auch zu Pulver zerriebene Kupferlasur oder durch Fällung von salzsaurem oder salpetersaurem Kupferoxyd erzeugtes, mit Kalk verunreinigtes Kupferoxyd versteht. — Aber nicht nur durch Thonerde wird die Farbe des Berlinerblaus heller gemacht, sondern auch durch Beimengung von fein gemahlenem weißen Thon (Kaolin), Schwerspath und Permanent- oder Barytweiß, Zinkweiß, Gyps, geringen Sorten von Ultramarin ꝛc. Früher stellte man das Mineralblau dar, indem man eisenhaltigen Zinkvitriol mit einem Gemenge von Blutlaugensalz und

kohlensaurem Natron fällte. Das mit niederfallende, sehr leichte kohlensaure Zinkoxyd erhält den Niederschlag sehr leicht und zart.

§. 493.

Nach Habich soll es nicht möglich sein, mit dem Berlinerblau, durch Behandeln des weißen Niederschlages aus Blutlaugensalz und Eisenvitriol mit Salpetersäure und Schwefelsäure erhalten, einen guten grünen Zinnober herzustellen. Nach seinen Angaben läßt sich das Berlinerblau auf folgende Weise am besten herstellen:

Erstes Verfahren. Es beruht auf der Anwendung des Chlors im Königswasser zur Zersetzung des weißen Niederschlages, in bekannter Weise aus Blutlaugensalz und Eisenvitriol dargestellt. Der Eisenvitriol muß möglichst oxydfrei sein, was man dadurch am besten erreicht, daß man in dem Bottich, in welchem die Eisenlösung sich klären soll, stets etwas metallisches Eisen vorräthig hält, wodurch auch zugleich das vielleicht vorhandene Kupfer ausgefällt wird. Es muß ferner die Blutlaugensalzlösung noch heiß niedergeschlagen werden, damit eine Oxydation des Niederschlages und die dadurch herbeigeführte vorzeitige Bläuung desselben so viel als thunlich vermieden werde. Deshalb muß auch der weiße Niederschlag sogleich und zwar möglichst schnell abfiltrirt werden. Nur das durch oxydirende Einwirkung des Chlors, der Salpetersäure ꝛc. auf den weißen Niederschlag entstandene Blau besitzt die erforderliche Intensität der Farbe, während der an der Luft blau gewordene Niederschlag, selbst wenn er durch Digestion mit Salzsäure von dem beigemengten Eisenoxydhydrat befreit wurde, stets eine wenig ausgiebige Farbe liefert. Um allem Verlust an Blutlaugensalz vorzubeugen, setzt man zu der Lösung desselben unter fleißigem Umrühren so lange von der Eisenvitriollösung, bis kein Niederschlag mehr sich bildet, und setzt dann noch $^1/_9$ von der verbrauchten Eisenlösung hinzu. Man läßt den Niederschlag bis zu einem dicken Brei ablaufen und bläut ihn durch eine, schon Tags zuvor bereitete Mischung aus Salzsäure und Salpetersäure (welche auf 36,5 Th. $Cl\,H$ 54 Th. NO_5, mithin 35,5 Th. freies Chlor enthält), wobei man auf 100 Th. Blutlaugensalz 10,7 Th. NO_5 in dem Königswasser rechnet. Die erforderliche Quantität setzt man unter fortwährendem Umrühren nach und nach zu dem in einem hölzernen Bottich befindlichen Niederschlag. Das Auswaschen und Trocknen erfolgt wie gewöhnlich.

§. 494.

Zweites Verfahren. Hierbei geschieht das Anbläuen des weißen Niederschlages durch Eisenchlorid, welches dadurch zu Eisenchlorür reducirt wird, das man darauf anstatt des Eisenvitriols zur Herstellung des weißen Niederschlages benutzt. Zur Bereitung des Eisenchlorids dient ein von Kalk und Thon möglichst freier Roth- oder Brauneisenstein oder das Englischroth der Vitriolölfabriken, welches man in Gestalt eines feinen Pulvers in einem mit Blei ausgelegten hölzernen Bottich mit roher Salzsäure übergießt. Nach einigen Tagen zapft man die Flüssigkeit, die mit Eisenoxyd gesättigt sein muß, in ein anderes Gefäß, damit sie sich kläre. Der aus Eisenvitriol oder Eisenchlorür und Blutlaugensalz erhaltene weiße Niederschlag wird, nachdem er bis zur Consistenz eines Breies filtrirt worden ist, in einem kupfernen Kessel bis zum Sieden erhitzt, sodann rasch in einen Bottich entleert und unter fortwährendem Umrühren mit dem Eisenchlorid versetzt, bis die höchste Farbenintensität erreicht ist. Ueberschüssiges Eisenchlorid beeinträchtigt die Schönheit der Farbe nicht. Man filtrirt die eisenhaltige Flüssigkeit ab oder läßt die Farbe blos absetzen und zapft das Klare ab. Die Flüssigkeit, welche außer Chlorür auch noch Chlorid enthält, wird durch Digestion mit Eisenabfällen vollständig in Chlorür verwandelt.

Das dritte von Habich vorgeschlagene Verfahren gründet sich darauf, daß das Anbläuen des weißen Niederschlages auch durch eine Auflösung von Manganchlorid ($Mn_2\ Cl_3$) zu bewirken ist. Das Vortheilhafte dieser Methode ist lediglich durch lokale Verhältnisse bedingt. Da der Handelswerth der Manganerze von ihrem Gehalte an Mangansuperoxyd abhängt, die gewöhnlichen Erze aber meistens ziemlich viel Manganoxyd beigemengt enthalten, das denselben durch Salzsäure in der Kälte entzogen werden kann, so ließe sich durch Digestion der Manganerze mit Salzsäure der Handelswerth derselben steigern und zu gleicher Zeit ein Anbläuungsmittel für die Fabrikation von Berlinerblau gewinnen.

Viertes Verfahren. Auch eine Auflösung von Chromsäure läßt sich zum Anbläuen des weißen Niederschlages anwenden, indessen ist auch diese Methode nur unter gewissen Bedingungen anzuempfehlen, da das sich bildende Chromoxydsalz in der Regel schwer zu verwerthen sein wird. Das Verfahren ist folgendes: Der weiße Niederschlag wird bis zum Sieden erhitzt und dann so lange nach und nach die Chromsäureflüssigkeit hinzugesetzt (10 Th. zweifach-chromsaures Kali in 10 Th. heißem Wasser gelöst und nach dem Erkalten mit $13^1/_2$ Th. englischer Schwefelsäure versetzt), bis die größte Intensität der Farbe erreicht ist.

§. 495.

Turnbull's Blau (*Turnbull's blue*). Wird eine Lösung von rothem Blutlaugensalz mit einer Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul vermischt, deren Menge jedoch nicht zu vollständiger Zersetzung des rothen Blutlaugensalzes hinreicht, so erhält man den in England unter dem obigen Namen bekannten Niederschlag, der wesentlich aus $Fe_2 Cy_3 + 3 Fe Cy$ besteht, außerdem auch noch chemisch gebundenes gelbes Blutlaugensalz enthält.

Rothes Blutlaugensalz $C_{12} N_6 K_3 Fe_2$ Eisenvitriol $3 FeO, SO_3$	geben	Turnbull's Blau $C_{12} N_6 Fe_5$ $= Fe_2 Cy_3 + 3 Fe Cy$ Schwefelsaures Kali, $3 KO, SO_3$.

Nach der Vorschrift von Warington soll man zur Bereitung von Turnbull's Blau den vermittelst Blutlaugensalz und oxydfreiem Eisenvitriol erhaltenen weißen Niederschlag mit einer Lösung von schwefelsaurem Eisenoxyd, durch Digestion von zweifach-chromsaurem Kali, verdünnter Schwefelsäure und Eisenvitriol erhalten, blau färben. In dem über dem Berlinerblau stehenden Niederschlage ist Chromalaun enthalten. Ein noch besseres Resultat soll man erhalten, wenn man den Eisenvitriol mit chlorsaurem Kali und Salzsäure erhitzt. Man sieht aus diesen Vorschlägen, daß die Methoden Warington's mit denen Habich's sehr viel gemein haben.

Es ist wiederholt vorgeschlagen worden, Berlinerblau aus den Nebenproducten der Gasfabrikation aus Steinkohlen darzustellen, so aus dem ammoniakalischen Wasser und aus dem Kalk, womit das Steinkohlengas gereinigt worden ist. Dieser Gaskalk enthält nicht nur Cyancalcium und Cyanammonium, sondern auch ziemlich viel freies Ammoniak. Um letzteres besonders zu gewinnen, setzt man den Gaskalk Wasserdämpfen aus und leitet das sich entwickelnde Ammoniak in Schwefelsäure. Das Zurückbleibende wird mit Wasser ausgelaugt. Die Lauge enthält die Cyanverbindungen gelöst; aus ihr wird auf gewöhnliche Weise Berlinerblau erzeugt. Nach Versuchen von Krafft geben 1000 Kilogr. Gaskalk, nach dem angegebenen Verfahren behandelt, 12 — 15 Kilogr. Berlinerblau und 15 — 20 Kilogr. Ammoniaksalz.

§. 496.

Lösliches Berlinerblau Da das gewöhnliche Berlinerblau seiner Unlöslichkeit im Wasser wegen nur als Deckfarbe Anwendung finden kann, das §. 490 angeführte basische Berlinerblau aber nur bei Gegenwart von Blutlaugensalz sich löst, so ist die von Stephen und Nash gemachte

Entdeckung, daß reines Berlinerblau sich in Oxalsäure löse und in dieser Gestalt als Saftfarbe Anwendung finden könne, für die Farbentechnik von großer Wichtigkeit. Nach dem von den Entdeckern angegebenen Verfahren soll man das Berlinerblau 1—2 Tage lang mit concentrirter Salzsäure, oder auch mit concentrirter Schwefelsäure, welche letztere nach dem Vermischen mit dem Berlinerblau mit einem gleichen Quantum Wasser verdünnt wird, digeriren, darauf die Säure beseitigen, das Berlinerblau vollständig auswaschen, trocknen und in Oxalsäure lösen. Nach Karmarsch hat die vorgängige Behandlung des Berlinerblau mit Salzsäure oder Schwefelsäure nicht allein den Zweck, etwa vorhandene Beimengungen wie Thonerde zu entfernen, sondern erhöht auch die Löslichkeit in Oxalsäure; sie bewirkt ferner, daß die Auflösung auch bei längerer Aufbewahrung keinen Bodensatz bildet, daß endlich auch eine concentrirte Auflösung gewonnen werden kann. Das zweckmäßigste Mengenverhältniß zur Darstellung einer haltbaren Lösung besteht in 8 Th. mit Schwefelsäure behandeltem Berlinerblau, 1 Th. Oxalsäure und 256 Th. Wasser.

Nach anderen Angaben erhält man in Wasser vollkommen und leicht lösliches Berlinerblau 1) durch Fällen einer wässerigen Lösung von Eisenjodür mit Blutlaugensalz, so daß letzteres jedoch im Ueberschusse bleibt, 2) durch Vermischen einer Lösung von Eisenchlorid in ätherhaltigem Weingeist mit wässeriger Blutlaugensalzlösung.

§. 497.

Reines Berlinerblau ist dunkelblau, hat einen kupferähnlichen Glanz und Strich, ist in Wasser und Alkohol unlöslich und wird durch alkalische Lösungen und concentrirte Säuren, sowie durch Erhitzen zersetzt. Je leichter und lockerer, um so besser ist es. Man verwendet es besonders in der Wassermalerei und als Leimfarbe, seltener in der Oelmalerei. Die vorzüglichste Anwendung findet das Berlinerblau in der Färberei für Wolle und Baumwolle und in der Zeugdruckerei. Das Verfahren, es auf Seide anzuwenden, heißt von seinem Erfinder *Bleu-Raymond*.

Wie schon angeführt, enthält das Berlinerblau häufig Thonerde, den geringeren und helleren Sorten (dem Mineralblau) sind außerdem Schwerspath und gefällter schwefelsaurer Baryt (Barytweiß), Kaolin, Zinkweiß und Magnesia beigemengt. Nach den Angaben von Pohl soll das Berlinerblau in neuerer Zeit mit Stärkekleister, der mit Jodtinctur gebläut ist, vermischt, im Handel vorkommen.

Kupferpräparate.

§. 498.
Kupfervitriol.

Der Kupfervitriol (schwefelsaures Kupferoxyd, blauer Vitriol, cyprischer Vitriol, römischer Vitriol, blauer Galitzenstein, sulfate cuivrique, vitriol de cuivre, vitriol bleu, *sulfate of copper, blue vitriol*) $CuO, SO_3 + 5 HO$ besteht in 100 Theilen aus

31,80 Th. Kupferoxyd,
32,08 „ Schwefelsäure
36,12 „ Wasser

und findet sich schon fertig gebildet in der Natur als Ueberzug und Anflug, oder in derben, nierenförmigen, stalaktitischen Massen, oder endlich aufgelöst als Cementwasser (Seite 98). Der natürlich vorkommende Kupfervitriol ist stets neueres Erzeugniß und hauptsächlich aus der Zersetzung von Kupferkies, Buntkupfererz und ähnlichen kiesigen Kupfererzen (Seite 79) hervorgegangen, daher er gewöhnlich auch auf den Lagerstätten dieser Erze, im sogenannten „Alten Manne" der Gruben, in Stollen und Schachten ꝛc. sich findet. So kommt er unter anderen vor im Rammelsberge bei Goslar, auf der Grube alte Mahlscheid bei Siegen, bei Mühlbach in Salzburg, bei Klausen in Tirol u. s. w.

Der im Handel sich findende Kupfervitriol ist nur Kunstproduct. Chemisch rein erhält man ihn, indem man metallisches Kupfer mit concentrirter Schwefelsäure erhitzt; das Kupfer wird hierbei auf Kosten eines Theils des Sauerstoffs der Schwefelsäure oxydirt, während schweflige Säure entweicht:

Kupfer Cu Schwefelsäure $2 SO_3$	geben	Kupfervitriol CuO, SO_3 Schweflige Säure SO_2.

Nebenbei bilden sich bei dieser Reaction geringe Mengen eines schwarzen Pulvers, welches früher für Schwefelkupfer gehalten wurde, jedoch aus einer Verbindung von Schwefelkupfer mit Kupferoxyd (aus Kupferoxysulfuret) zu bestehen scheint. Gewöhnlich ist die Darstellung der schwefligen Säure der Hauptgrund zur Gewinnung des Kupfervitriols auf diesem Wege.

§. 499.

Im Großen gewinnt man den Kupfervitriol, indem man das natürlich vorkommende Cementwasser (Seite 98) zum Krystallisiren abdampft; oder aus künstlich dargestelltem Kupfersulfuret (dem Kupferglanz $Cu_2 S$

entsprechend), zu diesem Zwecke macht man Kupferplatten oder Garkupfer in einem Flammenofen glühend und wirft gröblich gepulverten Schwefel auf dasselbe, wobei man den Zug unterbricht. Der Schwefel verbindet sich sofort mit dem Kupfer zu Schwefelkupfer ($Cu_2 S$), welches, nachdem der Zug des Ofens wieder hergestellt worden ist, in dem Flammenofen selbst zu Oxyd zu schwefelsaurem Kupferoxyd oxydirt wird:

Schwefelkupfer $Cu_2 S$ Sauerstoff 5 O	geben	Kupferoxyd CuO, Schwefelsaures Kupferoxyd $Cu\,O,\,SO_3$.

Die geröstete Masse wird noch warm in mit Wasser angefüllte Bottiche oder Kessel gebracht und so viel Schwefelsäure zugesetzt, als nothwendig ist, alles Kupferoxyd zu sättigen. Die klare Lösung wird vom ungelösten Rückstande abgegossen und zum Krystallisiren abgedampft. Der Rückstand wird wieder in den Ofen gebracht und dort von Neuem der Schwefelung und der Röstung unterworfen. In diesen Bottichen findet eine freiwillige Ausscheidung von Cementkupfer statt, indem das neben dem Kupfervitriol in der Lösung vorhandene schwefelsaure Kupferoxydul unter Abgabe von metallischem Kupfer in Kupfervitriol übergeht ($Cu_2\,O,\,SO_3 = Cu + CuO,\,SO_3$). Die von dem Kupfer abgegossene Vitriollauge wird eingedampft, dann in Lauterkästen geklärt und in Wachsfässern (Seite 439) zum Krystallisiren hingestellt.

§. 500.

Man gewinnt den Kupfervitriol auch aus dem Concentrations- oder Spurstein (Seite 82), welcher ungefähr 60 Proc. Kupfer enthält. Dieser Stein wird vor dem Verschmelzen zu Schwarzkupfer wiederholt geröstet, wobei sich das Schwefelkupfer zu Kupfervitriol, das Schwefeleisen zu schwefelsaurem Eisenoxyd, zum Theil auch zu Eisenoxyd oxydirt. Die durch Auslaugen des gerösteten Steines erhaltene Lauge wird nach dem Abklären in kupferne Krystallisirgefäße vertheilt; die von den angeschossenen Krystallen abgegossene Lauge wird mit der Hälfte Rohlauge vermischt nochmals abgedampft, wobei wieder Krystalle fallen. Aus der sehr eisenhaltigen Mutterlauge (Schwarzlauge) fällt man das Kupfer durch Eisen aus, während man ehedem den aus der Mutterlauge erhaltenen Vitriol als *schwarzen Vitriol* in den Handel brachte.

Der auf diese Weise erhaltene Kupfervitriol ist der wohlfeilste, aber auch der unreinste, er enthält ungefähr 3 Proc. Eisenvitriol. — Auf ähnliche Weise stellt man auch aus geröstetem Kupferkies, Buntkupfererz ꝛc., ferner aus Kupferasche, Kupferhammerschlag, Kupferabfällen durch Erhitzen der-

selben bis zur vollständigen Oxydation und Lösung des Oxydes in verdünnter Schwefelsäure Eisenvitriol dar.

In großer Menge und im Zustande fast vollkommener Reinheit erhält man den Kupfervitriol als Nebenproduct bei der Affinirmethode oder bei der Scheidung des Goldes vom Silber (§. 185; Seite 186).

§. 501.

Der Kupfervitriol krystallisirt in durchsichtigen, lasurblauen, vierseitig geschobenen (triklinoëdrischen) Tafeln, die sich an der Luft mit der Zeit oberflächlich trüben und endlich in sehr trockner Luft unter Abgabe von allem Krystallwasser in ein weißes Pulver zerfallen. Er besitzt einen widrigen metallischen Geschmack und zeigt eine saure Reaction, welche indessen auch namentlich bei dem als Nebenproduct der Affinirmethode erhaltenen Vitriol von vorhandener freier Schwefelsäure herrühren kann. (In einzelnen Fällen zeigte sich der Säuregehalt so bedeutend, daß der Vitriol Papier zerfraß, worauf er gelegt wurde.)

100 Th.	Wasser	lösen	bei	10° C.	36,9 Th.	krystallisirten	Kupfervitriol,
,,	,,	,,	,,	20° ,,	42,3 ,,	,,	,,
,,	,,	,,	,,	40° ,,	56,9 ,,	,,	,,
,,	,,	,,	,,	80° ,,	118,0 ,,	,,	,,
,,	,,	,,	,,	100° ,,	203,3 ,,	,,	,,

In Alkohol ist der Kupfervitriol unlöslich. Durch Salzsäure wird der Kupfervitriol in Kupferchlorid und in freie Schwefelsäure zersetzt.

§. 502.

Unter Doppelvitriol (gemischtem Vitriol, Adlervitriol, Admonter, Bayreuther oder Salzburger Vitriol, vitriol de Salzbourg, *roman vitriol*) versteht man einen aus Kupfer- und Eisenvitriol bestehenden, zusammenkrystallisirten Vitriol. Der Salzburger Vitriol (Doppeladler) enthält 76 Proc., der Admonter 83 Proc., der Doppel-Admonter 80 Proc. Eisenvitriol. Je nach dem verschiedenen Kupfergehalte erhält der Vitriol verschiedene Zeichen; gewöhnlich sind dies auf den Fässern eingebrannte Adler, woher der Name. Die kupferärmste Sorte erhält einen, die bessere zwei und die beste drei solcher Adler und sie werden hiernach 1 Adler, 2 Adler oder Doppeladler, 3 Adler, 4 Adler genannt. Der Adlervitriol findet sich im Handel in krystallisirten Stücken, Trauben oder Tafeln, oder auch in kleinen zerbröckelten Stücken. Gräfenthaler Adlervitriol gab bei der Analyse auf 1 Th. Kupfervitriol 3,6 Th. Eisenvitriol, Adlervitriol aus Goslar auf 1 Th. Kupfervitriol 9 Th. Eisenvitriol und 0,2 Th. Zinkvitriol. Der Doppelvitriol wird dargestellt in Salzburg, auf dem Stifte Admont in Obersteyer-

mark, zu Groß-Fragant in Kärnten, zu Kahlwang in Steyermark, zu Groß-Luckawetz in Böhmen ꝛc. Gegenwärtig wird der Doppelvitriol selten noch benutzt, da die beiden Vitriole weit zweckmäßiger von den Färbern selbst in dem passenden Verhältnisse gemischt werden können und auf diese Weise der Färber seinen Zweck billiger erreicht, da im Doppelvitriol der Kupfervitriol weit theurer bezahlt wird, als dieselbe Quantität im unvermischten Zustande.

§. 503.

Der Kupfervitriol findet häufig Anwendung zur Darstellung der Kupferfarben (Mineralgrün, Braunschweigergrün, Bergblau), zum Verkupfern (Seite 373), zum Färben des Goldes (Seite 358), zum Brüniren des Eisens, zum Schwarzfärben von Tuch und Wollgarn als Reservage in der kalten Küpe, zum Einweichen des Getreides vor dem Säen als Schutzmittel gegen den Brand, und vor Allem zur Erzeugung galvanoplastischer Abdrücke (Seite 273).

§. 504.

Essigsaures Kupferoxyd.

(Grünspan.)

Mit dem Namen Grünspan bezeichnet man im Handel drei verschiedene Körper, welche wesentlich aus Kupferoxyd und Essigsäure bestehen und nur in der quantitativen Zusammensetzung von einander abweichen. Diese drei Verbindungen sind:

a) der neutrale oder destillirte Grünspan, neutrales essigsaures Kupferoxyd, $C_4\ H_3\ CuO_4,\ HO$;

b) basischer Grünspan: α) blauer Grünspan ist wesentlich zweibasisches Salz von der Formel $C_4\ H_3\ CuO_4,\ (CuO,\ HO) + 5\ HO$. β) grüner Grünspan besteht zum größten Theile aus anderthalb basischem Salze von der Formel $2\ C_4\ H_3\ CuO_4,\ (CuO,\ HO) + 5\ HO$.

Gewöhnlich enthalten die grünen Sorten des Grünspans anderthalb basisches Salz mit etwas zwei- und dreibasischem Salze.

§. 505.

Neutraler Grünspan.

Der neutrale oder destillirte Grünspan (neutrales essigsaures Kupferoxyd, acetate cuivrique neutre, verdet, cristaux de Vénus, vert distillé, vert en grappes, *crystallized verdigris*, *acetate of copper*) besteht in 100 Theilen aus

Kupferoxyd 40,0 Th.
Essigsäure 51,0 „
Wasser 9,0 „

Man erhält ihn 1) durch Auflösen von Kupferoxydhydrat oder von basischem Grünspan in destillirtem Essig, oder 2) durch Zersetzen von schwefelsaurem Kupferoxyd mit essigsaurem Kalk, Baryt oder Bleioxyd. In früherer Zeit kannten allein die Holländer das Verfahren, neutralen Grünspan darzustellen, welche, um andere Fabriken irre zu leiten, das Präparat mit dem Namen „destillirter Grünspan" bezeichneten, welchen Namen es gegenwärtig noch im Handel führt. In späterer Zeit lieferte Montpellier fast allen Grünspan.

Nach der ersten Methode wird 1 Th. trockner oder 2 Th. noch feuchter basischer Grünspan mit 4 Th. destillirten Essigs oder der entsprechenden Menge gereinigten Holzessigs in einem kupfernen Kessel erwärmt und das Auflösen durch Umrühren mit einem Holzspatel befördert. Wenn die dunkelgrüne Farbe der Lösung nicht mehr dunkler wird, läßt man sie ruhig absetzen und decantirt dann. Den Rückstand zieht man nochmals mit frischem Essig aus. Die Rückstände, wesentlich aus Trebern und anderen Traubenüberresten, metallischem Kupfer und mehrbasisch essigsaurem Kupferoxyd bestehend, werden in zolldicken Schichten auf Brettern ausgebreitet, von Zeit zu Zeit mit Essig befeuchtet und deren Oberfläche, die sich nach und nach mit Grünspan beschlägt, durch Umrühren erneuert; den so erhaltenen Grünspan behandelt man gerade so wie den ersten. — Die erhaltene Lösung wird in einem kupfernen Kessel bis zum Erscheinen einer Salzhaut eingedampft und darauf in glasirte irdene Gefäße gebracht. In jedem dieser Gefäße befinden sich zwei bis drei ungefähr 1 Fuß lange und bis auf 2 Zoll von dem oberen Ende aufgespaltene Holzstäbe, deren Spalten durch eingeklemmte Holzstückchen geöffnet sind. Die Krystallisirgefäße bleiben in einem mäßig erwärmten Zimmer bei möglich gleichmäßiger Temperatur 2—3 Wochen stehen. Der Grünspan setzt sich während dieser Zeit in großen Gruppen an die Stäbe an und wird mit diesen vorsichtig aus der Flüssigkeit herausgehoben und getrocknet. Die Mutterlauge wird einem späteren Sude zugegeben

Nach der zweiten Methode löst man 125 Kilogr. krystallisirten Kupfervitriols in der entsprechenden Menge Wasser, eben so 190 Kilogr. krystallisirten Bleizuckers oder der äquivalenten Menge essigsauren Barytes oder Kalkes, und mischt beide Flüssigkeiten. Nachdem das schwefelsaure Bleioxyd sich abgesetzt hat, wird die klare Lösung von essigsaurem Kupferoxyd abgegossen, unter Zusatz von etwas destillirtem Essig abgedampft und dann

zum Krystallisiren hingestellt. Wenn man anstatt des Bleizuckers essigsauren Kalk zur Zersetzung des Kupfervitriols angewendet hat, so scheidet sich beim Abdampfen der Flüssigkeit etwas Gyps aus, welchen man sich absetzen läßt, ehe man die Lauge in die Krystallisirgefäße bringt. Wenn zum Fällen zu viel essigsaurer Kalk angewendet worden war, so enthält der Grünspan blaue Krystalle eines Doppelsalzes von essigsaurem Kupferoxyd mit essigsaurem Kalk, eine Verunreinigung, welche nicht selten vorkommen mag.

Der neutrale Grünspan krystallisirt in dunkelgrünen, dem monoklinoëdrischen Systeme angehörenden Prismen, welche an der Luft etwas verwittern, sich in geringer Menge im Weingeist und in der fünffachen Menge siedenden Wassers, in 13,4 Th. Wasser von gewöhnlicher Temperatur lösen; die verdünnte wässerige Lösung zersetzt sich in der Siedehitze und scheidet unter Freiwerden von Essigsäure ein dreibasisches Salz aus. Wenn man die Krystalle bei Zutritt der Luft schnell erhitzt, so entzünden sie sich und verbrennen mit schön grüner Flamme. Eine Auflösung von Grünspan wird durch Zucker beim Erwärmen leicht zersetzt, wobei sich Kupferoxydulhydrat und metallisches Kupfer ausscheiden.

Man verwendete früher den Grünspan zur Fabrikation der reinen Essigsäure, gegenwärtig benutzt man ihn in der Färberei und Zeugdruckerei (als Papp für die Blauküpe) und als lasirende Farbe.

§. 506.

Der basische oder gemeine Grünspan wird vorzüglich im südlichen Frankreich, namentlich in der Umgegend von Montpellier, außerdem auch in England, Deutschland, Schweden ꝛc. dargestellt. Bei der Darstellung bringt man metallisches Kupfer gleichzeitig mit Essigsäure und Luft in Berührung, wobei sich erst neutraler, dann basischer Grünspan bildet. Man wendet den Essig entweder in Substanz oder in Gestalt von sauer gewordenen Weintrestern an. Je nachdem das eine oder das andere geschieht, erhält man verschiedene Sorten von basischem Grünspan. Durch die Anwendung der Weintrester gewinnt man den blauen oder französischen, durch die Anwendung von Essig den grünen (englischen oder deutschen) Grünspan.

Der blaue oder französische Grünspan (acétate cuivrique basique, vert-de-gris, verdet, verdigris, *subacetate of copper*) besteht in 100 Theilen aus

Kupferoxyd	43,2 Th.
Essigsäure	27,5 „
Wasser	29,3 „

Berzelius und Philipps fanden bei der Analyse von französischem Grünspan:

	Berzelius.	Philipps.
Kupferoxyd	43,24	43,5
Essigsäure	27,45	29,2
Wasser	29,21	25,2
Unreinigkeit	—	2,0.

In Montpellier wendet man zur Darstellung des Grünspans folgendes Verfahren an: Man sammelt die Weintrester (die Weintrauben, deren Trester zur Grünspangewinnung dienen sollen, werden nicht gänzlich ausgepreßt, so daß sie noch eine große Menge Most zurückhalten) und hebt sie in Fässer eingestampft an einem kühlen Orte bis nach beendigter Weinlese auf. Man nimmt sie hierauf heraus, vertheilt sie in Fässer, bedeckt sie mit Strohmatten und überläßt sie sich selbst. Indem die Luft in das Innere der Trester eindringt, bildet sie mit den Eiweißsubstanzen Hefe, welche geistige Gährung, d. h. ein Zerfallen des Traubenzuckers in Kohlensäure und Alkohol hervorruft; letzterer geht unmittelbar nach seiner Bildung in Essigsäure über. Man befördert die Essigbildung durch öfteres Umrühren der Masse. Nach 3 bis 4 Tagen ist die saure Gährung, bei welcher die Temperatur bis 40° steigt, vollendet. Die Reife der Masse erkennt man durch eine Probekupferplatte, welche man einen Tag lang in der Masse stecken läßt; hat die Masse die geeignete Beschaffenheit, so wird die Platte mit einem grünen Beschlag gleichmäßig bedeckt herausgezogen.

§. 507.

Die zur Grünspanfabrikation angewendeten Kupferbleche, gewöhnlich Ueberreste von Schiffsbeschlägen, haben 4 — 6 Zoll Länge, 3 Zoll Breite, $^1/_2$ Linie Dicke und ein Gewicht von etwa 6 Loth. Wenn sie zum ersten Mal benutzt werden, so reibt man sie mit Leinwand ab, welche man in eine Grünspanauflösung getaucht hat; ohne diese Vorbereitung würden sie zwischen den Trestern leicht schwarz werden. Sie werden dann so weit erhitzt, daß man sie mit den bloßen Händen nicht anfassen kann und mit den gegohrnen Trestern in irdene Töpfe, welche 16 Zoll Höhe und 14 Zoll Durchmesser haben, geschichtet. Für jeden nimmt man 120—160 Kupferplatten. Die Töpfe werden mit Strohgeflecht bedeckt und 2—3 Wochen in einem feuchten Locale, dessen Temperatur 10 — 12° beträgt, ruhig stehen gelassen. Nach Verlauf dieser Zeit findet man die oberste Tresterschicht weißlich und die Kupferplatten mit grünen, seidenglänzenden Krystallen bedeckt. Man entfernt die Platten aus den Töpfen, stellt sie an Latten angelehnt auf die hohe

Kante im Keller auf, um sie zu trocknen, taucht sie dann in Wasser, Wein oder Weinessig, und läßt sie wieder trocknen. Das nämliche Verfahren wird alle Tage etwa zwei Monate lang wiederholt. Diese Operation, durch welche die Grünspanschicht merklich dicker wird und deren Farbe in Hellblau übergeht, bezweckt, das zuerst auf der Kupferplatte vorhandene neutrale essigsaure Kupferoxyd unter Mitwirkung von Luft und Wasser, wodurch das unter dem Salz befindliche Kupfer in Kupferoxyd übergeht, in basischen Grünspan umzuwandeln. Die Grünspanschicht, deren Gewicht von 100 Kilogr. Kupfer in der Regel 12—15 Kilogr. beträgt, wird von den Kupferplatten abgekratzt, in hölzernen Mulden mit Wasser geknetet und als Brei oder Teig in alaungare Lederbeutel von 1 Fuß Länge und 10 Zoll Durchmesser gebracht, welchen man durch Pressen in viereckigen Formen eine würfelähnliche Gestalt ertheilt. Man läßt die Beutel an der Luft und an der Sonne trocknen, wobei sie 40—50 Proc. am Gewicht verlieren. Die übrig gebliebenen Kupferplatten werden wieder benutzt, bis sie fast vollständig in Grünspan übergeführt worden sind. Man betreibt in Montpellier die Fabrikation des Grünspans nicht fabrikmäßig, sondern als Hausindustrie und überläßt die Arbeit den Frauen und Mädchen. Fast jeder Weinproducent hat auch seinen Grünspankeller.

§. 508.

Der grüne, englische oder deutsche Grünspan besteht in 100 Theilen aus

Kupferoxyd	43,25 — 44,25
Essigsäure	28,30 — 29,62
Wasser	28,45 — 25,51
Unreinigkeit	— 0,62

Man stellt ihn in Deutschland, England, auch in einigen Gegenden Frankreichs, z. B. in der Umgegend von Grenoble auf die Weise dar, daß man Flanelllappen mit Essig tränkt, diese mit Kupferblechen in hölzerne Gefäße schichtweise einlegt und alle 2—3 Tage die Lappen mit frischem Essig tränkt. Wenn nach Verlauf von etwa vierzehn Tagen die Kupferbleche mit Krystallen überzogen scheinen, befeuchtet man alle sechs Tage die Bleche mit Wasser und beseitigt die Flanelllappen, um die lose eingelegten Bleche dem Luftzutritt mehr auszusetzen. Nach ein bis zwei Monaten ist die Grünspanbildung beendigt, worauf der Grünspan von den Platten abgeschabt wird. Ob und aus welchen Gründen bei der Anwendung von Essig nur grüner Grünspan sich bildet, oder ob derselbe bei längerer Einwirkung der Luft auch in blauen überzugehen vermag, ist noch nicht ermittelt.

Man hat auch vorgeschlagen, ähnlich wie bei Darstellung von holländischem Bleiweiß (§. 426, Seite 400) spiralförmig zusammengerollte Kupferbleche mit Essig in Töpfe zu bringen, dessen Dämpfe bei Zutritt der atmosphärischen Luft das Kupfer in Grünspan überführen.

Der mit Hülfe von Weintrestern dargestellte Grünspan ist blaugrün, fest und glanzlos und häufig mit Traubenkernen, Körnern und Schalen ꝛc. vermengt. Auf dem Bruche ist er hie und da seidenartig schimmernd. Der mit Hülfe von Essig bereitete Grünspan hat eine mehr grüne Farbe.

Der Grünspan ist häufig mit Kreide, essigsaurem Kalk, Kupfervitriol, Bimssteinpulver ꝛc. verfälscht. Vollkommen reiner Grünspan muß sich in verdünnter Essigsäure, Schwefelsäure und in Ammoniak ohne Rückstand lösen, die Lösung darf weder Schwefelsäure noch Kalk enthalten.

Man verwendet den Grünspan in der Pharmacie, in der Färberei und Zeugdruckerei, als Oel- und Wasserfarbe, zur Fabrikation des Schweinfurter-Grün und anderer Kupferfarben, zur Bereitung des Glühwachses in der Feuervergoldung (Seite 358) ꝛc.

§. 509.

Kupferfarben.

Von den vielen Farben, in welchen Kupfer den färbenden Bestandtheil ausmacht, seien folgende beschrieben:

1) Braunschweigergrün,
2) Bremergrün und Bremerblau,
3) Mineralgrün,
4) Schweinfurtergrün.

Braunschweigergrün.

Mit dem Namen Braunschweigergrün (vert de Brunsvic, *Brunsuick green*) bezeichnet man verschiedene Kupferverbindungen, welche als Malerfarbe Anwendung finden. Was gegenwärtig im Handel unter diesem Namen vorkommt, ist basisch kohlensaures Kupferoxyd ($CuO, CO_2 + CuO, HO$) und eine Nachahmung des Berggrün (cendres vertes, vert de montagne, *mountain green*, *Sanders green*), welches entweder fein gemahlener Malachit (Seite 80) oder ein Bodensatz aus kupferhaltigen Cementwässern ist. Man gewinnt das Braunschweigergrün, indem man Kupfervitriol mit kohlensaurem Natron oder kohlensaurem Kalk, oder Kupferchlorid, durch Zersetzen von Kupfervitriol mit Kochsalz erhalten, mit einem kohlensauren Alkali zersetzt, den entstandenen Niederschlag mit heißem Wasser auswäscht und ihn dann mit Schwerspath, Permanentweiß, Zinkweiß oder

Gyps nüancirt. Eine Sorte Braunschweigergrün, welche jedoch gegenwärtig nicht mehr benutzt zu werden scheint, ist ein basisches Kupferoxychlorid, welchem nach Ritthausen die Formel Cu Cl, 3 Cu O + 3 H O zukommt. Das im Handel vorkommende Braunschweigergrün ist häufig mit dem arsenikhaltigen Schweinfurtergrün gemengt.

§. 510.

Bremerblau oder Bremergrün.

Das Bremerblau oder Bremergrün, eine in Norddeutschland und in Holland viel angewendete Anstreichfarbe, wurde vor etwa 30 Jahren durch die Apotheker Kuhlenkamp und Hoffschläger dargestellt. Es ist wesentlich Kupferoxydhydrat und erscheint in Gestalt einer äußerst lockeren und leichten, und in dieser Beziehung der kohlensauren Magnesia sehr ähnlichen, hellblauen Masse, deren Farbe jedoch etwas ins Grünliche geht. Je reiner blau und je lockerer die Farbe, desto höher steht es im Preise. Als Wasser- und Leimfarbe giebt es ein helles Blau (weshalb es Bremerblau genannt wird), mit Oel angewendet, geht dagegen die ursprüngliche blaue Farbe schon nach 24 Stunden in Grün über, welches dadurch entsteht, daß sich das Kupferoxyd des Bremergrüns chemisch mit den Bestandtheilen des Oeles (Oelsäure, Palmitinsäure) zu grüner Kupferseife verbindet. Das Bremergrün kommt in verschiedenen Nummern im Handel vor, welche durch Vermischen des Niederschlages mit leichten weißen Körpern, namentlich von Brei aus fein geschlemmtem Gyps hergestellt werden.

Als Ausgangspunkt der Fabrikation dient überall ein basisches Kupferoxychlorid (basisch salzsaures Kupferoxyd Cu Cl, 3 Cu O + 4 H O). Der zur Darstellung dieser Verbindung eingeschlagene Weg ist ohne Einfluß auf die Eigenschaften der fertigen Farbe, insofern man nur mit Sorgfalt darauf bedacht ist, daß der blaßgrüne Brei, in den Fabriken Oxyd genannt, kein Kupferchlorür (Cu_2 Cl) enthält.

Die Bereitung geschieht nach Gentele auf folgende Weise:

1) 112,5 Kilogr. Kochsalz und
111 „ Kupfervitriol,

beide vollkommen eisenfrei, werden im trocknen Zustande mit Wasser zu einem dicken Brei gemahlen, wobei sich die aufgelösten Portionen zu Kupferchlorid und schwefelsaurem Natron (Glaubersalz) umsetzen:

Kochsalz Na Cl Kupfervitriol CuO, SO_3	geben	Kupferchlorid Cu Cl Glaubersalz Na O, SO_3

2) 112,5 Kilogr. altes Schiffskupfer

werden mit einer Blechscheere in quadratzollgroße Stücke zerschnitten, in ein Faß geschüttet, in welchem sich mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser befindet und kräftig umgerührt, hierdurch wird alles Oxyd von der Oberfläche des Kupfers entfernt. Man wäscht das Kupfer mit Wasser rein ab.

3) Das gereinigte Kupfer wird nun in den sogenannten Oxydirkästen (großen Kästen aus Dielen von Eichenholz, ohne eiserne Nägel zusammengefügt), mit dem aus Kupferchlorid und Glaubersalz bestehenden Brei in $^1/_2$ Zoll dicken Lagen aufgeschichtet und diese Substanzen in einem Keller oder sonstigen Raum der gegenseitigen Einwirkung überlassen. Das Kupferchlorid nimmt zuerst Kupfer auf und verwandelt sich dadurch in Kupferchlorür.

Kupferchlorid $Cu\,Cl$ / Kupfer Cu } geben { Kupferchlorür $Cu_2\,Cl$,

letzteres geht durch Aufnahme von Sauerstoff und Wasser in die oben erwähnte unlösliche, graue, basische Verbindung über. Um deren Bildung zu befördern, wird die Masse während des Verweilens in den Oxydirkästen alle 2—3 Tage mit einer kupfernen Schaufel umgeschaufelt. Da bekanntlich das Kupferchlorür beim Behandeln mit Alkalien und alkalischen Erden gelbes oder rothes Kupferoxydul abscheidet, so darf leicht begreiflich auch nicht die geringste Spur von Kupferoxydul zurückbleiben, weil sich sonst bei der weiteren Verarbeitung die reine Farbe des Bremergrün trüben würde. In manchen Fabriken hat man zur Beseitigung des Kupferchlorürs den Brei jahrelang unter öfterem Umschichten stehen lassen, ehe man ihn weiter verarbeitet. Nach Habich erreicht man denselben Zweck, wenn man das feuchte Gemenge von Zeit zu Zeit vor der jedesmaligen Umarbeitung trocken werden läßt, wobei die Luft an die Stelle des verdunsteten Wassers tritt und so eine vollständige Oxydation bewirkt.

Nach beendigter Oxydation, in der Regel nach 3—5 Monaten, hebt man die zerfressene Kupfermasse aus den Oxydationskästen, bringt sie in einen Schlämmbottich und wäscht sie mit geringen Mengen Wasser zu einem dünnen Schlamm, welchen man von dem unoxydirten Kupfer trennt.

§. 511.

4) Dieser Schlamm wird auf ein Filter gebracht, um die Glaubersalzlauge von der Kupferverbindung zu trennen; letztere wird in einen Bottich gebracht und darin durch Durcharbeiten von allen Klümpchen befreit. Der Brei wird dabei mit Handeimern, welche 15 Liter Wasser fassen, gemessen.

5) Auf je 6 solche Eimer Schlamm setzt man 6 Kilogr. Salzsäure von 15° B. und läßt das innige Gemisch 1—2 Tage lang stehen.

6) In einen anderen Bottich, den Blaubottich oder Blaubad, bringt man für je 6 Eimer des mit Salzsäure versetzten Schlammes 15 Eimer klare und farblose Kalilauge von 19° B. Man verdünnt den angesäuerten Schlamm noch mit 6 Eimern Wasser und trägt den Inhalt der sauren Bütte schnell in die Kalilauge in dem Blaubottich ein, während einige Arbeiter den Inhalt des letzteren unausgesetzt umrühren.

Die basische Kupferverbindung geht durch die Behandlung mit Salzsäure in grünes neutrales Kupferchlorid über, welches letztere sich mit dem Kali in Chlorkalium und blaues Kupferoxydhydrat (Bremerblau) umsetzt:

Neutrales Kupferchlorid $Cu\ Cl$ Kalilauge $KO,\ HO$	geben	Bremerblau (Kupferoxydhydrat) $Cu\ O,\ H\ O$ Chlorkalium $K\ Cl$.

7) Nachdem das Ganze eine ziemlich steife Consistenz angenommen hat, läßt man es 1—2 Tage lang stehen, darauf wird der Niederschlag durch wiederholtes Umrühren mit Wasser und Decantiren von dem Kali und Chlorkalium befreit, hierauf auf Seihetüchern einige Wochen feucht erhalten und der Luft ausgesetzt und zuletzt gepreßt, zerschnitten und bei einer Temperatur, welche 30—35° C. nicht überschreiten darf, getrocknet, indem bei höherer Temperatur das Hydratwasser entweichen und das Bremerblau in schwarzbraunes Kupferoxyd übergehen würde. Erst nach dem vollständigen Austrocknen gewinnt die Farbe ihr ganzes Feuer.

§. 512.

Nach andern Vorschriften erhält man das Bremerblau auf folgende Weise:

1) 50 Kilogr. fein zerschnittenes Kupferblech wird mit 30 Kilogr. Kochsalz unter Befeuchten von 15 Kilogr. zuvor mit dem dreifachen Volumen Wasser verdünnter Schwefelsäure gemischt. Hierbei wird Salzsäure frei, welche unter Mitwirkung der Luft das Kupfer zuerst in Kupferchlorid, dann in Chlorür überführt, woraus sich durch weitere Oxydation das basische Kupferoxychlorid bildet, welches man auf die angegebene Art durch Kalilauge zersetzt.

2) Man löst 120 Kilogr. Kupfervitriol und 60 Kilogr. Kochsalz in der erforderlichen Menge Wasser und zersetzt die grüne Lösung durch Sodalösung, wodurch ein Niederschlag von basischem Kupferoxychlorid und kohlensaurem Kupferoxyd sich bildet, welchen man nach dem Waschen mit Wasser unter fortwährendem Umrühren mit Kali oder Natronlauge übergießt, bis er die erforderliche blaue Farbe angenommen hat, worauf man ihn auswäscht und trocknet. Nach der Angabe von Palmstedt soll das auf diese Weise erhaltene Bre-

merblau sich wieder leicht durch Abgabe von Wasser schwärzen, wie das direct aus einer Lösung durch Alkali niedergeschlagene.

3) Man besprengt nach Habich das Kupferblech mit einer Auflösung von Kupferhammerschlag (Kupferasche) in reiner Salzsäure, um die basische Chlorkupferverbindung zu bilden.

4) Man löst äquivalente Mengen von Kupfervitriol und Chlorkalium in Wasser, trennt die grüne Kupferchloridlösung durch Absetzen und Decantiren von dem ausgeschiedenen schwefelsauren Kalk und vermischt sie mit Kalkmilch und fein geschlämmter Kreide, wodurch sich ein grünlicher Niederschlag, wahrscheinlich wesentlich aus basischem Kupferoxychlorid bestehend, bildet. Die Probe, ob alles Kupferchlorid zerlegt ist, besteht darin, daß man zu einer kleinen Menge der Flüssigkeit Ammoniak setzt, welches keine Blaufärbung hervorrufen darf. Der Niederschlag wird hierauf mit Kali- oder Natronlauge in der Farbenmühle gerieben, in einen Bottich geschüttet, eine Lösung von Kupfervitriol und Salmiak hinzugebracht und das Ganze gut umgerührt. Nach etwa vier Tagen wird der Niederschlag ausgewaschen und getrocknet.

§. 513.

5) Man versetzt nach Habich neutrales salpetersaures Kupferoxyd mit einer zur Zersetzung unzureichenden Menge von kohlensaurem Kali oder Natron; der anfänglich sich bildende flockige Niederschlag von kohlensaurem Kupferoxyd verwandelt sich unter Abgabe von Kohlensäure nach und nach in basisch salpetersaures Kupferoxyd ($NO_5, 3CuO + HO$), welches sich als schweres grünes Pulver absetzt. Man überzieht dieses Kupfersalz mit einer Auflösung von Zinkoxyd-Kali (durch Auflösen von Zinkweiß in Kalilauge erhalten), wodurch man eine tiefblaue, höchst lockere Farbe von großer Deckkraft erhält, welche aus zinksaurem Kupferoxyd mit geringer Beimischung von höchst basisch salpetersaurem Kupferoxyd besteht.

Zur Ausführung der Methode im Großen erhitzt man Kupferasche in Flammenöfen oder Muffeln, bis alles Oxydul in Oxyd verwandelt ist, und löst es sodann in Salpetersäure. Diese Auflösung wird erwärmt und mit Potaschen- oder Sodalösung versetzt. Sobald das Aufbrausen aufgehört hat, setzt man neue Mengen von kohlensaurem Alkali zu und unterbricht den Prozeß, wenn nur noch eine geringe Kupfermenge in Lösung ist. Letztere zu gewinnen, wird die über dem grünen Niederschlage stehende Flüssigkeit abgegossen und der Niederschlag selbst einigemal mit kleinen Wassermengen ausgewaschen. Sämmtliche Flüssigkeiten werden vereinigt, und aus ihnen alles Kupfer durch Potasche ausgefällt. Den aus kohlensaurem Kupferoxyd bestehenden Niederschlag bringt man in eine neue Kupferlösung, wo er sich in basisches Salz ver-

wandelt. Aus den Flüssigkeiten gewinnt man durch Abdampfen den Salpeter. Zur Herstellung der Zinklösung übergießt man in einem gußeisernen Gefäße metallisches Zink mit Kali oder Natronlauge; sobald die Gasentwickelung nachläßt, ist das Alkali mit Zinkoxyd gesättigt. Die klare Flüssigkeit verwendet man zur Zersetzung des basisch salpetersauren Kupferoxydes, wobei sich ein schönes, lockeres Bremerblau abscheidet und die Flüssigkeit wieder Salpeter liefert.

6) Ein magnesiahaltiges Bremerblau erhält man durch Fällen einer Auflösung von Kupfervitriol, Bittersalz und etwas Weinstein durch Potasche, indem man die Auflösung der ersteren in die Potaschenlösung gießt und von letzterer einen Ueberschuß anwendet.

§. 514.

Mineralgrün und Mineralblau.

Das Mineralgrün oder Scheele's Grün, eine gegenwärtig nur noch selten angewendete, nur wenig deckende Farbe, besteht wesentlich aus Kupferoxydhydrat und arsenigsaurem Kupferoxyd. Man erhält es, indem man eine Auflösung von

1 Kilogr. reinem, eisenfreien Kupfervitriol in
12 Liter Wasser löst und mit einer Lösung von
350 Gramm arseniger Säure in
1 Kilogr. gereinigter Potasche und
8 Liter Wasser

unter beständigem Umrühren versetzt. Der entstehende grasgrüne Niederschlag wird mit warmem Wasser ausgewaschen und getrocknet, er besitzt nach dem vollständigen Austrocknen ein Gewicht von etwa 700 Grammen.

Um eine Farbe mit vielem Feuer zu erzielen, pflegen die Fabrikanten zuweilen die obige Vorschrift zu modificiren. Sie verwandeln die arsenige Säure unter Wasser zu einem sehr feinen Pulver und lösen dasselbe durch Kochen in Wasser. In diese Lösung bringen sie Kupfervitriol in größerer Menge als in dem angegebenen Verhältniß und fällen vollständig durch überschüssiges kohlensaures Natron. Fällt der Niederschlag bei einem Probeversuch zu sehr gelb aus, so muß eine größere Quantität von Kupfervitriol angewendet werden. Wird die Flüssigkeit mit ätzendem anstatt mit kohlensaurem Natron gefällt, so wird ein Niederschlag von weit intensiverer Farbe erhalten, welcher aber zu einer äußerst harten und schwer zu pulvernden Masse eintrocknet; wird diese Masse aber einige Zeit in Wasser eingeweicht und darauf an der Luft getrocknet, so wird sie leicht zerreiblich und besitzt große Intensität der Farbe.

Habich schlägt vor, die Flüssigkeit, welche arsenige Säure und Kupfervitriol enthält, nicht mit ätzendem oder kohlensaurem Kali oder Natron, son-

dern mit zinksaurem Kali (§. 513) zu fällen; man erhält eine zwar hellere, aber äußerst brillante Farbe. 100 Kilogr. Kupfervitriol liefern mit 15 Kilogr. arseniger Säure und zinksaurem Alkali 93 Kilogr. Mineralgrün.

Das Mineralgrün ist seit dem Bekanntwerden des Schweinfurtergrüns nur wenig noch in Gebrauch.

Zuweilen versteht man unter Mineralgrün fein geriebenen Malachit, oder auch basisches Kupferoxydhydrat.

§. 515.

Obgleich man unter Mineralblau in der Regel die helleren, mit Thon oder Kaolin ꝛc. versetzten Sorten von Berlinerblau (Seite 466) versteht, so bezeichnen andere mit diesem Namen oder dem Namen Bergblau (cendres bleues, *verditer, mountain blue*) eine blaue Malerfarbe, welche ehedem durch Mahlen und Schlämmen der reinsten Stücken des Kupferlasurs ($2\,CuO, CO_2 + CuO, HO$; vergl. Seite 80) zu Schwatz in Tyrol und zu Chessy bei Lyon dargestellt wurde. Gegenwärtig soll man es darstellen, indem man eine Lösung von salpetersaurem Kupferoxyd mit Aetzkalk, nach anderen Angaben mit Kali fällt, und den noch feuchten, aber ausgewaschenen Niederschlag mit Kreide, Gyps oder Schwerspath nüancirt. In Frankreich wird das Bergblau zum Theil noch feucht, in Form eines Teiges verkauft. Nach Payen werden die Sorten dieses teigigen Bergblaues (cendres bleues en pâte) fabricirt: blau superfein, blau fein und blau Nr. 3; die Tapetenfabrikanten geben dem teigigen Bergblau den Vorzug vor dem getrockneten Bergblau (cendres bleues en pierres). Die Analyse des getrockneten Blau superfein ergab in 100 Theilen:

Kupferoxyd	67,3 — 68,5
Kohlensäure	22,4 — 23,6
Wasser	4,2 — 5,46
Beimengungen	2,44 — 6,1

Man soll das Bergblau ferner darstellen durch Fällen von Kupfervitriollösung mit kohlensaurem Ammoniak und Digeriren des Niederschlages mit Kalilauge. Die unter dem Namen Kalkblau in dem Handel vorkommende blaue Farbe wird durch Fällen einer Lösung von 100 Th. Kupfervitriol und $12^1/_2$ Th. Salmiak mittelst der Kalkmilch von 30 Th. gebranntem Kalk in der Kälte dargestellt. Diese Farbe besteht aus Kupferoxydhydrat und schwefelsaurem Kalk und ist nach der Formel $2\,(CuO, SO_3 + 2\,HO) + 3\,(CuO, HO)$ zusammengesetzt.

§. 516.
Oelblau.

Das Oelblau, eine Farbe, welche mit Oelen und Firnissen zusammengerieben ein herrliches Veilchenblau giebt, ist Schwefelkupfer ($Cu\,S$) und besteht in 100 Theilen aus

Kupfer	66,5 Th.
Schwefel	33,5 „

Man wendet hierzu theils das in der Natur als Kupferindig vorkommende Schwefelkupfer, theils das künstlich dargestellte an. Man erhält letzteres durch vorsichtiges Erhitzen von 1 Th. wasserfreiem Kupferoxyd mit 1 Th. Schwefel und $^1/_2$ Th. Salmiak bis zur Entzündung des Schwefels; man wiederholt diese Behandlung unter Zusatz von neuen Mengen von Schwefel und Salmiak, bis das schwarze Pulver in eine indigblaue Masse übergegangen ist, aus welcher man den Salmiak durch Auswaschen, den Ueberschuß an Schwefel durch Digestion mit Schwefelkohlenstoff oder durch Kochen mit Natronlauge entfernt. Einfacher erhält man das Oelblau durch Zusammenschmelzen von fein zertheiltem metallischen Kupfer mit Kaliumschwefelleber und Behandeln der geschmolzenen Masse mit Wasser, wobei das Schwefelkupfer in kleinen glänzenden bläulichen Krystallen zurückbleibt, welche nach dem Trocknen fein zerrieben werden.

§. 517.
Schweinfurtergrün.

Das Schweinfurtergrün (vert de Schweinfort, *Schweinfurt green*) ist die schönste und beliebteste, aber auch die gefährlichste aller Kupferfarben. Sie wird im Großen fabrikmäßig dargestellt und wurde nach der gewöhnlichen Annahme von Ruß und Sattler in Schweinfurt im Jahre 1814 erfunden; nach andern Angaben wurde es im Anfange dieses Jahrhunderts von dem Edlen von Mitis in Wien erhalten und lange Zeit hindurch in der von ihm zu Kirchberg errichteten Fabrik dargestellt, daher es auch, namentlich in den österreichischen Staaten, die Namen Mitisgrün, Kirchbergergrün führt. Außerdem kam und kommt es im Handel unter den Namen Wienergrün, Kaisergrün, Papageigrün, Neugrün, Schwedischgrün, Brixnergrün, Neuwiedergrün, Zwickauergrün, Würzburger oder Pickelgrün (nach dem Prof. der Chemie in Würzburg Pickel benannt), Basler-, Eislebner-, Kurrersgrün, Jasnüger- (nach Prof. Jasnüger in Wien), Cassler-, Löbschützer-

grün rc. rc. vor, je nachdem das eigentliche Schweinfurtergrün rein, oder mit Schwerspath, schwefelsaurem Bleioxyd und Chromgelb nüancirt ist.

Die Zusammensetzung und die Darstellungsweise des Schweinfurtergrün war Fabrikgeheimniß, bis v. Liebig und nach ihm Braconnot die Bereitungsart veröffentlichten. Nach der Untersuchung von Ehrmann ist das Schweinfurtergrün im reinen Zustande eine Verbindung von neutralem essigsauren Kupferoxyd mit arsenigsaurem Kupferoxyd nach der Formel $C_4 H_3 Cu O_4 + 3 (Cu O, As O_3)$ und besteht in 100 Th. aus

Kupferoxyd	31,29 Th.
arseniger Säure	58,65 ,,
Essigsäure	10,06 ,,

Nach der Angabe von Ehrmann löst man gleiche Gewichtstheile arseniger Säure und neutralen Grünspans, jedes für sich, in Wasser, und mischt die concentrirten Lösungen siedend heiß miteinander. Es bildet sich sofort ein flockiger olivengrüner Niederschlag von arsenigsaurem Kupferoxyd, während die Flüssigkeit freie Essigsäure enthält. Wenn der Niederschlag in der Flüssigkeit ruhig stehen bleibt, so verringert er sein Volumen und wird dicht und krystallinisch; zugleich bilden sich in ihm grüne Stellen, welche nach und nach größer werden, bis nach Verlauf von einigen Stunden er vollständig in eine intensiv grüne, körnig krystallinische Masse übergegangen ist. Diese neue Verbindung ist das Schweinfurtergrün; sie wird abfiltrirt und gewaschen; sie scheint auf die Weise zu entstehen, daß aus je vier Aequivalenten arsenigsauren Kupferoxydes ein Aequivalent arsenige Säure aus-, und eine äquivalente Menge von Essigsäure eintritt. Durch Sieden der Mischung findet die Umwandlung innerhalb weniger Minuten statt, die sich bildende Verbindung ist aber feiner zertheilt und von minder schöner Farbe. Die Operation gelingt am besten, wenn man das Gemenge nach dem Mischen der beiden Lösungen sofort mit einem gleichen Volumen Wasser vermischt und die Mischung in einem großen Ballon sich selbst überläßt; nach etwa 2 — 3 Tagen hat der Niederschlag die lebhafteste grüne Farbe und eine mehr grobkörnige Beschaffenheit angenommen.

§. 518.

Nach der Vorschrift von v. Liebig löst man

4 Kilogr. gemeinen Grünspans,
3 ,, arseniger Säure,

ein jedes für sich, durch Sieden in der erforderlichen Menge gewöhnlichen Essigs, mischt die beiden Lösungen und dampft das klare hellgrüne Gemisch ab, wobei zuerst ein geringer gelblichgrüner Niederschlag sich bildet, welcher beseitigt wird, darauf aber das Schweinfurtergrün in reichlicher Menge sich

ausscheidet. Die abfiltrirte Flüssigkeit wird zur Darstellung neuer Portionen benutzt.

Nach Creuzburg zu Oettingen bereitet man das Schweinfurtergrün folgendermaßen: Man rührt 10 — 11 Th. fein gepulverten basischen Grünspan mit Wasser von 40 — 50° zu einem Brei an und schlägt diesen durch ein nicht zu feines Haarsieb, welches die fremdartigen Stoffe zurückhält. Grünspan, mit Hülfe von Essig bereitet, wie z. B. der von Grenoble (§. 508), ist dem von Montpellier vorzuziehen, weil letzterer Traubenkerne ꝛc. enthält, welche zerstoßen das Grün mit schwarzen Pünktchen verunreinigen. Es wird ferner eine Auflösung von 8 Th. arseniger Säure in 100 Th. Wasser durch Kochen bereitet und diese Lösung siedendheiß zu dem noch lauwarmen Grünspanbrei gesetzt. Je schneller die Farbe sich bildet, desto schöner fällt sie aus; sie setzt sich am Boden des Kessels ab und ist dann immer krystallinisch. Die über dem Grün stehende Flüssigkeit, arsenige Säure, überschüssige Essigsäure und Kupferoxyd enthaltend, eignet sich am besten als Auflösungsmittel für neue Mengen arseniger Säure, nicht aber zum Anrühren des Grünspans statt des Wassers.

Die Vorschrift von Braconnot, mit Hülfe von Kupfervitriol Schweinfurtergrün zu bereiten, ist mit einigen Abänderungen die gegenwärtig in den Fabriken angewendete. Nach ihr löst man

15 Kilogr. Kupfervitriol

in der kleinsten Menge siedenden Wassers und vermischt die heiße Lösung mit einer gleichfalls heißen und concentrirten Lösung von

arsenigsaurem Kali oder Natron,

welche 20 Kilogr. arsenige Säure enthält. Es bildet sich sofort ein schmutziggrüner Niederschlag. Indem man zu der Flüssigkeit

15 Liter concentrirten Holzessigs

oder so viel setzt, daß sie nach Essigsäure riecht, verwandelt sich der Niederschlag in Schweinfurtergrün, welches, um die Abscheidung und Beimengung von arseniger Säure zu verhindern, sogleich abfiltrirt und mit siedendem Wasser ausgewaschen wird.

Es kommt demnach bei der Fabrikation von Schweinfurtergrün darauf an, möglichst billig auf nassem Wege neutrales arsenigsaures Kupferoxyd darzustellen und dieses durch Digestion mit verdünnter Essigsäure in arsenig-essigsaures Kupferoxyd überzuführen.

§. 519.

Das Schweinfurtergrün ist als Oel-, Wasser- und Kalkfarbe anwendbar. Es bildet ein aus smaragdgrünen, mikroskopischen Krystallen bestehendes Pul-

ver, dessen Farbe um so satter ist, je größer die Krystalle sind; beim Zerreiben wird die Farbe heller. Es befindet sich im Handel als krystallinisches Pulver und im zerriebenen Zustande als amorphes Schweinfurtergrün. Am Lichte und an der Luft bleibt es unveränderlich. Es ist unlöslich in Wasser; bei längerem Kochen mit Wasser wird es wahrscheinlich unter Verlust von Essigsäure braun. Beim Behandeln mit starken Mineralsäuren oder concentrirter Essigsäure gibt es an dieselbe alles Kupfer ab und hinterläßt nur arsenige Säure. Die Alkalien scheiden daraus zuerst Kupferoxydhydrat ab, welches, wenn es in der Flüssigkeit gekocht wird, in schwarzes Oxyd und dann in rothes Kupferoxydul übergeht, wobei sich zugleich arsensaures Alkali bildet.

Wie schon oben angeführt, ist das Schweinfurtergrün sehr häufig mit anderen Substanzen versetzt. Nach einer Untersuchung von E. Reinhard war die procentische Zusammensetzung von

	Papageigrün.	Schweinfurtergrün. (zweite Sorte)
Kupferoxyd	21,77	24,31
Arsenige Säure	40,28	52,42
Essigsäure	6,20	8,86
Chromsaures Bleioxyd	6,56	14,41
Schwefelsaurer Baryt (als Schwerspath)	25,19	—

Es ist bekannt, daß in Zimmern mit feuchten Wänden, deren Tapeten Schweinfurtergrün enthalten, sich ein widriger und Kopfschmerzen verursachender Geruch zeigt, der von einer sich entwickelnden flüchtigen Arsenikverbindung, wahrscheinlich Arsenikwasserstoff, herrührt.

Quecksilberpräparate.

§. 520.

Zinnober.

Der Zinnober (rothes Schwefelquecksilber, cinabre, vermillon, *cinnabar*) HgS besteht in 100 Theilen aus

Quecksilber	86,29	Th.
Schwefel	13,71	„

und kommt, wie §. 145 Seite 148 angegeben, in der Natur in ziemlicher Menge, aber nur selten in so reinen Stücken vor, daß daraus durch Zerreiben ein als Malerfarbe anwendbarer Zinnober (Bergzinnober) dargestellt werden könnte. Den bei weitem größten Theil des im Handel sich findenden Zinnobers verfertigt man in chemischen Fabriken theils auf trocknem Wege (wie zu Idria, Holland) theils auf nassem Wege (wie zu Zwickau, Neudietendorf 2c.)

§. 521.

Darstellung des Zinnobers auf trocknem Wege.

Das zu Idria angewendete Verfahren der Darstellung des Zinnobers ist folgendes und zerfällt in

1) die Bereitung des schwarzen Schwefelquecksilbers,
2) die Umwandlung desselben in Zinnober,
3) das Mahlen und Raffiniren des Zinnobers.

1. Der zur Bereitung des schwarzen Schwefelquecksilbers erforderliche, in Gestalt von Stangenschwefel zur Zinnoberhütte gebrachte Schwefel wird vor der Vermengung mit dem Quecksilber bis zur Größe von Stecknadelköpfen gepocht. Das Mengen geschieht in kleinen Fässern, welche um ihre Axe sich drehen, indem eine gezahnte Stange, welche hin- und hergeht, in ein an jedem Faß befestigtes Zahnrad eingreift. In jedem Fasse befinden sich 23,47 Kilogr. Quecksilber; man setzt immer den Schwefel im Ueberschuß hinzu, damit bei der nächsten Operation, der Sublimation, die in eisernen Gefäßen vorgenommen wird, auf alle Fälle alles Quecksilber sich mit dem Schwefel verbindet und nicht im unverbundenen Zustande entweicht, wenn die eisernen Gefäße, wie es zuweilen geschieht, inwendig sich mit einer Rinde von Eisensulfuret bekleiden. Die Quantität des Schwefels in jedem Fasse beträgt gewöhnlich 4,53 Kilogr. Die Dauer der Drehung der Fässer ist nicht immer gleich; die Vermischung erfolgt um so langsamer, je größer die Differenz zwischen der Temperatur des Mantels und der des schwarzen Schwefelquecksilbers ist. Durchschnittlich ist die Dauer der Drehung 2,3 bis 3,5 Stunden, wobei die Fässer 15 — 25 Umdrehungen in der Minute machen. Das durch diese Operation gewonnene Schwefelquecksilber erscheint als ein kaffeebraunes Pulver, das jedoch nicht gleichförmig ist; man unterscheidet darin Schwefeltheilchen und beim Zerdrücken zeigen einige Stellen eine rothe Nüance, was angehende Zinnoberbildung andeutet, andere dagegen metallisches Quecksilber. Die Gesammtproduction an Quecksilber zu Idria beträgt jährlich 2500 — 3000 Ctr. Quecksilber, von welchen ungefähr 1100 Ctr. zur Zinnoberfabrikation verwendet werden.

§. 522.

2. Zur Umwandlung des schwarzen Schwefelquecksilbers in Zinnober durch Sublimation dienen vier Oefen mit je sechs gußeisernen Sublimirkolben; man schüttet in jeden Kolben, welcher von der vorhergehenden Sublimation noch heiß ist, 50 Kilogr. des Schwefelquecksilbers und setzt auf den Kolben einen eisernen Helm, welchen man beschwert; es findet beim Erhitzen eine kleine

Explosion, als Folge der stattfindenden chemischen Verbindung der beiden Gemengtheile, statt. Nachdem diese vorüber, setzt man an die Stelle des eisernen Helms einen irdenen, der mit einem Vorstoß versehen ist, welcher in eine Vorlage mündet. Sobald sämmtliche Kolben beschickt sind, werden die Helme aufgesetzt und alle Fugen sorgfältig verstrichen, worauf die Temperatur langsam auf 132° gesteigert wird. Man untersucht von Zeit zu Zeit, ob Schwefeldämpfe am Ende des Rohres erscheinen; sobald dies der Fall ist, werden Vorstoß und Vorlage angelegt. Die Temperatur steigt nun allmälig bis auf 475°, bei welcher die Sublimation beginnt. Nach Huyot unterscheidet man bei diesem Processe drei Phasen, nämlich 1) die Abdampfperiode, welche bis zu 132° C. geht, 2) die Stückperiode von 126—475° und 3) die Sublimationsperiode von 475° an. Die Abdampfperiode dauert im Mittel 0,15, die Stückperiode 2,24, die Sublimationsperiode 4,9 Stunden. Von 1000 Th. sublimirten Zinnobers finden sich nach beendigter Operation 365 Th. in dem Theile des Helmes, welcher zunächst der Retorte, 327 Th. in dem Theile desselben, welcher zunächst dem Vorstoße sich befindet, 255 Th. in dem Vorstoße selbst und 53 Th. in der Vorlage.

§. 523.

3. Nach beendigter Sublimation läßt man den Apparat erkalten, zerschlägt den Helm und entfernt den in der Vorlage befindlichen Zinnober. Der in dem Vorstoße enthaltene Zinnober wird herausgestoßen, mit einer weichen Bürste gereinigt und als Stückzinnober in den Handel gebracht. Die Abfälle und die unreinen d. h. die mit Schwefel oder Quecksilber verunreinigten Stücke werden mit der nächsten Post sublimirt. Zum Mahlen des Zinnobers wendet man Mühlen an, deren Steine je nach der Größe des Korns, welches man erlangen will, verschieden weit von einander gestellt sind. Der Zinnober wird verschieden oft gemahlen, je nach der Qualität, die dargestellt werden soll. Chinesischer Zinnober wird zweimal, dunkelrother viermal, die fünfte hochrothe Sorte fünfmal gemahlen. Nach beendigtem Mahlen wird der Zinnober noch raffinirt, d. h. von dem mechanisch beigemengten Schwefel befreit. Dies geschieht mit Lauge von 12° B. Der Zinnober wird in hölzernen Fässern mit dieser Lauge zusammengebracht, welche dabei den Schwefel aufnimmt. Nach dem Absetzen des Zinnobers zapft man die Flüssigkeit ab, worauf der Zinnober durch wiederholtes Waschen mit heißem und kaltem Wasser gereinigt wird. Der raffinirte Zinnober wird sodann auf Eisenplatten, welche durch die Feuerluft der Sublimiröfen erhitzt werden, getrocknet. Man verpackt ihn theils in braungefärbten Hammelfellen, theils in Kisten, welche 12½ Kilogr. enthalten, theils, besonders bei chinesischem Zinnober, in

mit Papier ausgelegten Kästen, welche mit hölzernen, sorgfältig verklebten Deckeln verschlossen werden. Diese Kästen enthalten theils 25, theils 50 Kilogr.

Nach älteren Angaben soll die Schönheit der Farbe des Zinnobers zunehmen, wenn man denselben in fein gemahlenem Zustande monatelang an einem vor dem Lichte geschützten Orte mit Wasser oder sehr verdünnter Salpetersäure stehen läßt. Wehrle giebt an, daß, wenn Zinnober mit 1 Proc. Schwefelantimon gemengt und das Gemenge dann sublimirt wird, ein stahlgraues Sublimat sich bilde, welches nach dem Zerreiben und Schlämmen braunroth erscheine, aber durch sorgfältiges Digeriren zuerst mit Schwefelkaliumlösung und dann mit Salzsäure den chinesischen Zinnober an Schönheit der Farbe sogar noch übertreffe. Werde der so zubereitete Zinnober mit Wasser, welches 0,25 Proc. Gallerte enthält, angemacht und getrocknet, so erlange er auch die Eigenschaft des chinesischen Zinnobers, mit Wasser angemacht, beim Filtriren durch das Fließpapier zu gehen.

§. 524.

Darstellung des Zinnobers auf nassem Wege.

Auf nassem Wege erhält man den Zinnober durch Digestion von amorphem schwarzen Schwefelquecksilber mit einer Schwefelleberlösung. Nach Döbereiner soll man metallisches Quecksilber mit einer Lösung von Fünffach-Schwefelkalium anhaltend zusammenschütteln. Nach Kirchhof soll man

300 Th. Quecksilber mit
68 „ Schwefel

innig mengen, darauf

160 Th. Aetzkali

in der gleichen Gewichtsmenge Wasser gelöst, hinzusetzen und das Ganze in eisernen Gefäßen unter fortwährendem Umrühren mäßig (bis auf 55°) erwärmen. Nach Verlauf von etwa zwei Stunden zeigt sich eine Farbenveränderung, indem das anfänglich schwarze Pulver braunroth zu werden anfängt. Es wird die Temperatur auf 45° erniedrigt. Die Farbe wird nun immer röther und erscheint öfters plötzlich feurigroth. Sobald das höchste Feuer der Farbe sich entwickelt hat, entfernt man das Gefäß vom Feuer und erhält es noch einige Stunden gelind warm. Der Zinnober wird durch Schlämmen von dem oft noch vorhandenen metallischen Quecksilber getrennt.

Brunner, welcher die Bereitungsweise des Zinnobers auf nassem Wege studirte, fand, daß in der von Kirchhof gegebenen Vorschrift die Menge des Kali's zu groß sei, indem dieselbe Veranlassung zur Bildung eines Salzes von der Formel $HgS, KS + 5 HO$ gebe, wodurch die Ausbeute an Zinnober zu gering ausfalle. Brunner nahm auf 300 Th. Quecksilber 400—450 Th.

Wasser und erhielt bei verschiedenen Verhältnissen von Schwefel und Kali an Zinnober folgende Mengen:

Kali.	Schwefel.	Zinnober.
75 Th.	114 Th.	330 Th.
75 „	115 „	331 „
120 „	120 „	321 „
152 „	150 „	282,5 „
180 „	120 „	245 „
180 „	100 „	244 „
180 „	60 „	142 „

Die ersten Verhältnisse sind demnach die vortheilhaftesten. Nach der Angabe von Th. Martius in Erlangen befestigt man an den obern Balken des Sägegestelles in einer Sägemühle eine Kiste, in welcher ein starkes Glas mit einer passenden Mischung von Quecksilber, Schwefel und Schwefelkaliumlösung eingepackt ist. Nachdem so 24 — 36 Stunden lang die Mischung durch die Bewegung der Säge durcheinandergeschüttelt worden, ist sie in Zinnober übergegangen.

Nach v. Liebig bildet sich ein sehr schöner Zinnober durch Digestion von frischgefälltem weißen Präcipitat (aus Quecksilberchlorid durch Ammoniak) mit Schwefelammonium, welches mit Schwefel gesättigt ist.

Die Theorie der Bildung des Zinnobers auf nassem Wege ist noch zu geben. Da ohne Schwefelleber (Schwefelkalium, Schwefelammonium) das schwarze Schwefelquecksilber nicht in Zinnober überzugehen vermag, so liegt es nahe, die Bildung eines Sulfosalzes anzunehmen, aus Schwefelquecksilber und Schwefelkalium bestehend, welches sich sofort nach seiner Entstehung wieder unter Abscheidung des Schwefelquecksilbers in Form von Zinnober zersetzt. Es ist auch nicht unwahrscheinlich, daß das unterschwefligsaure Kali, dessen man sich mit Vortheil zur Bereitung des Antimonzinnobers bedient, bei der Zinnoberbildung eine Rolle spielt.

Nicht nur schwarzes Schwefelquecksilber und weißer Präcipitat, sondern auch andere Quecksilberverbindungen, wie rothes Quecksilberoxyd, Calomel, Hahnemann's lösliches Quecksilber ꝛc. können beim Behandeln mit Schwefelalkalien Zinnober geben.

Nach Karmarsch enthalten die meisten der im Handel vorkommenden Zinnobersorten eine Schwefelverbindung, durch welche der Zinnober die nachtheilige Eigenschaft erlangt, Kupfer und Messing zu schwärzen und dabei seine Farbe einzubüßen. Durch Kochen mit einer Auflösung von Potasche oder Soda und darauf folgendes öfteres Auswaschen kann die verunreinigende Schwefelverbindung entfernt und der Zinnober gegen Kupfer oder Messing unempfindlich gemacht werden.

Habich schlägt vor, dem Zinnober eine geringe Menge von Indigocarminlösung zuzusetzen; die Farbe werde dadurch allerdings etwas ins Bläuliche nüancirt, gewinne aber außerordentlich an Feuer.

§. 525.

Verunreinigungen des Zinnobers.

Der Zinnober, besonders die geringeren Sorten, ist häufig mit anderen Körpern versetzt, namentlich mit Mennige, Chromzinnober (basisch chromsaures Bleioxyd, Seite 428), Antimonzinnober, Schwerspath und Barytweiß, Eisenoxyd, Bleiweiß, Talk (vielleicht Speckssteinpulver) und Ziegelmehl. Nach den Analysen von Tricard und Pommier enthielt

englischer	Zinnober	95 Th.	Zinnober und	5 Th.	Eisenoxyd,
französischer	„	70 „	„ „	30 „	Chromzinnober,
„	„	35 „	„ „	65 „	„
„	„	90 „	„ „	10 „	Schwerspath,
„	„	70 „	„ „	30 „	Mennige,
„	„	70 „	„ „	30 „	Chromzinnober und Bleiweiß,
„	„	55 „	„ „	45 „	„ „ „
„	„	35 „	„ „	65 „	„ „ „
„	„	95 „	„ „	5 „	Talk,
deutscher	„	85 „	„ „	15 „	„
„	„	90 „	„ „	10 „	Ziegelmehl

Reiner Zinnober muß sich, ohne Rückstand zu hinterlassen, verflüchtigen. W. Stein fand, daß Natriumsulfhydrat (NaS, HS) den Zinnober schon in der Kälte mit derselben Leichtigkeit wie Wasser den Zucker auflöst. Dieses Verhalten giebt nach ihm ein vortreffliches Mittel ab, Verunreinigungen und Verfälschungen des Zinnobers durch die oben genannten Körper sofort zu ermitteln. Stein fand ferner, daß Einfach-Schwefelkalium den Zinnober gleichfalls löst und selbst dann noch, wenn ihm freies Aetznatron beigemischt ist. —

Knallquecksilber.

§. 526.

Das Knallquecksilber (Howard's Knallpulver, knallsaures Quecksilberoxyd, mercure fulminan, fulminate mercurique, *fulminate of mercure*) $C_4\ Hg_2\ N_2\ O_4$ besteht in 100 Theilen aus

Quecksilberoxyd	76,06 Th.
Knallsäure	23,94 „

und wurde 1800 von Eduard Howard entdeckt. Es bildet weiße, seidenglänzende, zart anzufühlende, durch starken Schlag oder durch Erhitzen

bis 186° heftig explodirende Nadeln von süßlichem Metallgeschmack, die sich in kaltem Wasser wenig, leichter in heißem, am leichtesten in Ammoniak lösen. Man erhält es durch Erhitzen von Quecksilber oder Quecksilberoxyd mit concentrirter Salpetersäure und Alkohol. Es bildet sich ferner beim Sieden von knallsaurem Silberoxyd mit Quecksilber und Wasser, oder durch Fällen des knallsauren Zinkoxydes mit einer Lösung von Quecksilberchlorid.

Fabrikmäßig gewinnt man das Knallquecksilber auf folgende Weise: Man übergießt

1 Kilogr. Quecksilber

in einem Kolben mit

5 Kilogr. Salpetersäure von 36° B. (= 1,33 spec. Gew.)

und löst es darin bei gelinder Sandbadwärme auf. Man versetzt hierauf die Lösung mit einer gleichen Quantität Salpetersäure und läßt sie nach tüchtigem Umschütteln stehen, bis keine salpetrigen Dämpfe mehr sich entwickeln. Man vertheilt alsdann die Flüssigkeit in sechs tubulirten Retorten in sechs gleiche Theile und setzt zu der noch warmen Flüssigkeit für jeden Retorteninhalt

10 Liter Alkohol von 0,833 spec. Gew.

Die weingeistige Quecksilberlösung wird über einem Holzkohlenfeuer schnell einige Sekunden erwärmt, und sobald weiße Dämpfe sich zu bilden und Gas sich zu entwickeln beginnt, werden die Retorten vom Feuer entfernt. Die Reaction geht ruhig vor sich; sobald wieder rothe Dämpfe sich zeigen sollten, setzt man noch $^1/_8$ — $^3/_{16}$ Alkohol hinzu. Zuletzt wird der Retorteninhalt durch Zusatz von

$^1/_2$ Liter Wasser

abgekühlt und die Flüssigkeit von den am Boden der Retorte befindlichen Krystallen von Knallquecksilber abgegossen. Die jeden Tag sich absetzende Menge von Knallquecksilber wird in reine irdene Gefäße gesammelt und dann auf Leinwand mit Wasser so lange gewaschen, bis das ablaufende Wasser nicht mehr sauer reagirt. Von der feuchten Masse wird nur ein kleiner Theil auf dicken Papierunterlagen bei gewöhnlicher Zimmerwärme getrocknet, um die darin enthaltene Wassermenge genau zu erfahren und demnach die des Ganzen berechnen zu können. Man erhält auf diese Weise aus 100 Th. Quecksilber 118 bis 128 Th. Knallquecksilber, während man der Theorie nach 142 Th. erhalten müßte.

§. 527.

Nach einer andern Vorschrift, welche gleichfalls ein sehr gutes Präparat liefert, löst man

1 Th. Quecksilber in
10 „ Salpetersäure von 1,4 spec. Gew.

und gießt die bis auf 54° C. abgekühlte Lösung in

8,3 Th. Alkohol von 0,83 spec. Gew.

Das Auflösen des Quecksilbers geschieht in großen Glasretorten, deren Hals in einen großen irdenen Ballon hineinragt. Der Alkohol befindet sich in einem Glaskolben, dessen Capacität das Sechsfache ist von dem Volumen der aufzunehmenden Flüssigkeit. Das Auswaschen des abfiltrirten Niederschlages geht auf einem doppelten Papierfilter vor sich, das Trocknen auf einer durch Dampf bis auf 100° erhitzten Platte. Bei dieser Methode soll man aus 100 Th. Quecksilber 130 Th. Knallquecksilber erhalten.

In Folge einer Reihe von Versuchen, die in England über die vortheilhafteste Bereitungsweise des Knallquecksilbers angestellt wurden, hat sich gezeigt, daß nur das zuletzt angegebene Verfahren bei großer Ausbeute ein untadelhaftes Präparat liefert, während bei der Anwendung von 12 Th. Salpetersäure von 1,36—1,38 spec. Gewicht und 32,3 Th. Alkohol (von 0,85 spec. Gewicht) auf 1 Th. Quecksilber zwar ein gutes Knallquecksilber, aber geringere Ausbeute erzielt wird, und man bei der Methode, nach welcher der Alkohol in Portionen in die Quecksilberlösung gegossen wird, Gefahr läuft, eine fast explosionähnliche Gasentwicklung entstehen zu sehen. Aus 1 Th. Quecksilber, 10 Th. Salpetersäure (von 1,375 spec. Gew.) und 14 Th. Alkohol entsteht ein nicht mehr oder nur unvollkommen explodirendes Product, das große Mengen von basisch salpetersaurem Quecksilberoxyd beigemengt enthält. Aus 1 Th. Quecksilber, 8 Th. Salpetersäure (von 1,375 spec. Gewicht) und 6,5 Th. Alkohol von 0,896 spec. Gew. entsteht kein Knallquecksilber mehr.

§. 528.

Sucht man die heftige Gasentwicklung während des Prozesses durch Abkühlung der Apparate zu mildern, oder zu unterdrücken dadurch, daß man die Gase in eine Flüssigkeit leitet, so erzielt man ein höchst ungünstiges Resultat, selbst wenn man außerdem unter den günstigsten Bedingungen arbeitet. Die sich entwickelnden Dämpfe dürfen weder eingeathmet, noch, weil sie in hohem Grade entzündlich und explosiv sind, mit brennenden Körpern zusammengebracht werden.

Ueber die Wirkung der Explosion des Knallquecksilbers und über die Detonation desselben durch den Schlag liegen gründliche Untersuchungen von Aubert, Pelissier und Gay-Lussac vor, aus welchen wir das Folgende entnehmen: Trocknes Knallquecksilber detonirt sehr leicht durch den

Schlag von Eisen auf Eisen, etwas weniger leicht durch den Schlag von Eisen auf Bronze, schwieriger durch den von Marmor auf Glas oder von Marmor auf Marmor, oder von Glas auf Glas. Der Schlag von Eisen auf Blei bringt nur schwierig die Entzündung zuwege und der von Eisen auf Holz ist ganz unwirksam. Das Knallquecksilber entzündet sich stets leicht durch Reibung, namentlich von Holz gegen Holz; minder leicht durch Reibung von Marmor gegen Marmor, dann von Eisen auf Eisen, endlich von Eisen auf Holz oder Marmor. Fein gepulvertes Knallquecksilber detonirt schwieriger, namentlich durch Reibung, als das in Krystallen angewandte. Durch Befeuchtung mit 5—10 Proc. Wasser verliert es viel von seiner Entzündbarkeit, doch findet zuweilen noch Entzündung statt. Mit 30 Proc. Wasser befeuchtet, detonirt es zwar noch manchmal unter dem Holzpistill auf der Marmorplatte, aber die Detonation ist partiell und theilt sich dem übrigen Theile der Masse nicht mit. Die Gasentwickelung bei der Zersetzung des Knallquecksilbers ist so momentan, daß es zur Anwendung als Schießpulver sich nicht eignet, da kein Gewehr und Geschütz der Wirkung der Explosion zu widerstehen vermöchte; gekörntes Schießpulver, welches neben dem entzündeten Knallquecksilber sich befindet, wird durch die plötzliche Gasentwickelung weggeschleudert, ohne sich mit zu entzünden. Selbst wenn das Pulver sich eingeschlossen befindet, erreicht man dessen Entzündung nur dann sicher, wenn das Knallquecksilber mit leicht entzündlichen Körpern, wie mit Mehlpulver, innig gemengt ist, welche letztere sich entzünden und die zur Entzündung erforderliche Temperatur auf das Schießpulver übertragen.

Die durch die Explosion des Knallquecksilbers entwickelte Expansivkraft ist weit größer als die des besten Schießpulvers. Man hat zur Vergleichung der Kräfte verschiedene Quantitäten Knallquecksilber und Jagdpulver unter einer hohlen Kupfermasse, welche so angeordnet war, daß man die Höhe ihres Steigens messen konnte, detoniren lassen, wobei sich ergab, daß unter diesen Umständen das Knallquecksilber die Kupfermasse 15—30 Mal höher trieb, als das Schießpulver.

§. 529.

Die außerordentliche Gefahr, die bei der Aufbewahrung größerer Mengen von Knallquecksilber vorhanden ist, erheischt bei der Aufbewahrung besondere Vorsichtsmaßregeln. Einige Fabrikanten bringen das getrocknete Knallquecksilber in kleinen Mengen, z. B. von je 100 Gran = 5 Gramm, in Papierkapseln und bewahren eine Anzahl solcher Paquete in großen, mit Korken verschlossenen Gläsern auf, jedoch nicht über 2—2½ Kilogr. in einem Glas. Andere Fabrikanten heben das ausgewaschene Präparat in

einem hölzernen Gefäße unter Wasser auf und benutzen als Deckel für diese Gefäße einen mit Wachsleinwand in der Weise überzogenen Reifen, daß die glatte Seite des Ueberzuges die Ränder des Gefäßes berührt. Beim Herausnehmen von Knallquecksilber wird Sorge getragen, daß das zurückbleibende Salz stets von Wasser bedeckt bleibe; an dem Deckel oder am Rande hängen gebliebene Theilchen werden mittelst eines feuchten Schwammes sorgfältig entfernt (G. Werther).

§. 530.

Zündhütchen.

Die Zündhütchen (amorces à capsule, capsules, *caps, percussion caps*) sind gegenwärtig die einzige Form, in der das Knallquecksilber zur Anwendung kommt.

Die Darstellung der Zündhütchen zerfällt

1) in die Darstellung des Zündsatzes (Zündpulver),
2) in das Körnen des Zündpulvers,
3) in das Anfertigen der Zündhütchen,
4) in das Füllen der Zündhütchen.

Darstellung des Zündsatzes. Die Quantität Knallquecksilber, welche zu einer wirksamen Dosis von Knallpulver erforderlich ist, ist eine äußerst geringe. Diese bald nach der Entdeckung des Knallquecksilbers gefundene Thatsache gab die Veranlassung, das Knallquecksilber mit gewöhnlichem Schießpulver zu mengen, um dadurch ein größeres Volumen hervorzubringen. Doch ist dies nicht der Hauptvortheil, welchen man durch diese Vermischung erreichen will. Das unvermischte Knallquecksilber theilt, wie oben angegeben, seine Entzündung dem Pulver nur schwierig und auf viel geringere Entfernungen mit, als wenn es mit Mehlpulver gemengt ist. Wird das Knallquecksilber allein angewendet, so haben die bei der Detonation entwickelten Gase den größten Theil ihrer Wärme verloren, bevor sie das Pulver erreichen, und sind demnach nicht mehr im Stande, eine Entzündung desselben zu bewirken; ist es dagegen mit Mehlpulver gemengt, so wird letzteres im Augenblick der Entzündung auf das gekörnte Pulver geschleudert und bewirkt dessen Entzündung.

Die Mengung des Knallquecksilbers mit den Substanzen, welche als Zusatz dienen sollen, nimmt man auf einer polirten Marmortafel mit Pistillen oder Walzen aus Buchsbaumholz vor. Es wird die mit Wasser benetzte, als Zusatz bestimmte Substanz auf der Marmortafel ausgebreitet und die erforderliche Menge feuchtes Knallquecksilber allmälig hinzugegeben.

Bei Anwendung von Schießpulver als Zusatz nimmt man auf

100 Th. Knallquecksilber (in trocknem Zustande berechnet)
60 „ Mehlpulver.

Dieses Verhältniß scheint das vortheilhafteste zu sein; ein Verhältniß von 100 Theilen Knallquecksilber auf 70 Th. Mehlpulver liefert ein Zündpulver von etwas schwächerer Kraft.

Dient ein Gemisch von Schwefel und Salpeter als Zusatz, so nimmt man auf

100 Th. Knallquecksilber
29 „ Schwefel
$62^1/_2$ „ Salpeter.

Wendet man endlich Salpeter allein an, so mischt man

100 Th. Knallquecksilber
50 „ Salpeter.

Früher und vielleicht noch gegenwärtig setzt man der Zündmasse chlorsaures Kali zu.

Der Nitromannit (welcher aus dem Mannit oder Mannazucker auf dieselbe Weise sich bildet, wie die Schießbaumwolle aus der Baumwolle) explodirt beim Erhitzen und durch Schlag stärker noch als das Knallquecksilber, vor welchem es den Vorzug hat, daß es ohne Gefahr dargestellt werden kann und beim Reiben sich nicht entzündet. Man hat ihn wiederholt zur Füllung der Zündhütchen empfohlen, ohne daß es jedoch gelungen wäre, ihm in dieser Hinsicht Anwendung zu verschaffen.

In früherer Zeit stellte man die Masse durch Mischen des Knallquecksilbers mit Salpeter, Schwefel u. s. w. mit einer weingeistigen Harzlösung dar, entweder Schelllacklösung oder verdünnter Benzoëtinctur, aus 32 Grammen Benzoëharz und 700 Grammen Weingeist bereitet.

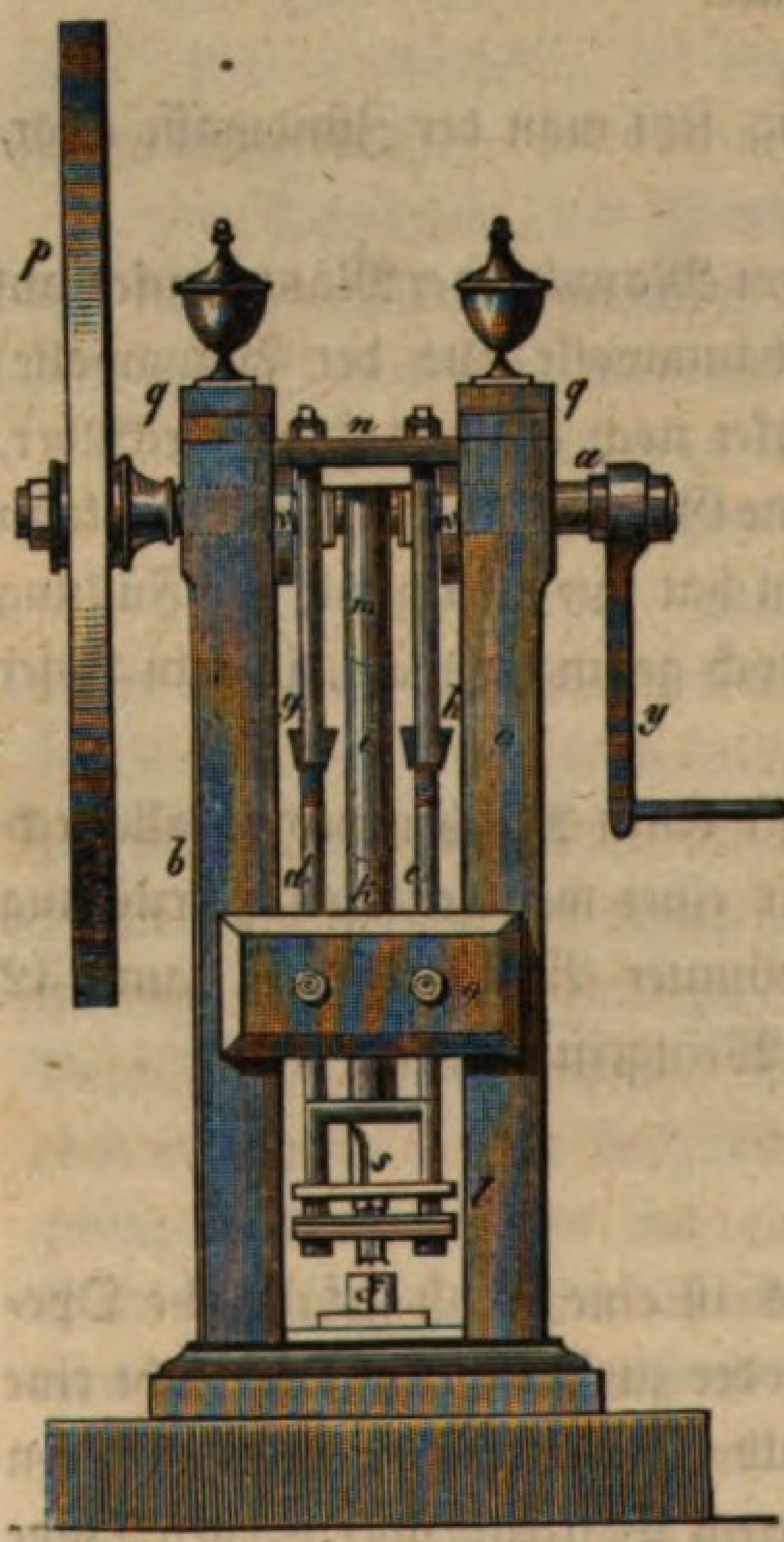
§. 531.

Das Körnen des Zündpulvers ist eine höchst gefährliche Operation, da zu große Trockenheit der Masse oder zu starke Reibung leicht eine Explosion bewirken können. Es wird deshalb diese Arbeit in einem von den übrigen getrennten Locale auf einem mit glattem Wollzeug überzogenen Tische vorgenommen, auf dem eine Decke von schwarzem Wachstuch sich befindet. Der Fußboden des Locales besteht am zweckmäßigsten aus Bleiplatten und die Verkleidung der Wände aus glattem Tafelwerk. Die zum Körnen der Zündmasse benutzten Haarsiebe sind an ihrem untern Rande mit einer Bleiplatte überzogen. Es wird immer nur eine kleine Menge Pulver auf einmal in Arbeit genommen. Nach jeder Operation wird das Sieb durch Wasser oder durch sehr verdünnte Schwefelsäure gezogen. Die gekörnte Masse wird in mit Stanniol ausgelegte Blechbüchsen gebracht, die Büchsen werden mit

einem Bleideckel verschlossen und geschüttelt, wodurch die Körner etwas fester werden. Nachher breitet man die gekörnte Masse auf Papier aus und trocknet sie in flachen Holzkästen auf Gerüsten, welche um den Ofen der Trockenstube aufgestellt sich befinden. Die Körner werden durch Sieben vom Staub befreit und zur Aufbewahrung durch Papiertrichter in Flaschen gefüllt, welche mit weichem Leder umgeben sind.

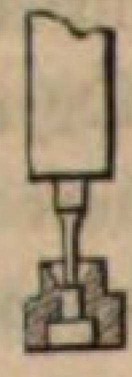
§. 532.

Fig. 105.



Die Herstellung der Kupferhütchen geschieht auf der Fig. 105 abgebildeten Zündhütchenmaschine. In zwei Ständern b c bewegt sich die mit einem Schwungrade p und einer Handhabe y versehene Axe a, an der die Gabeln g h und der mit Kupferblech m verkleidete Cylinder i auf excentrischen Scheiben laufen. An g und h sind die Stangen d und e angeschraubt und der Cylinder i ist in k durchbrochen. Alle drei sind an dem Rahmen l, welcher die zwei Matrizen trägt, befestigt. Der Stempelträger f mit seinen Stempeln ist auf seiner Unterlage unbeweglich. Die Maschine wirkt auf folgende Weise: Befindet sich der Rahmen mit den Matrizen in der höchsten Stellung, so schiebt sich das Kupferblech, aus dem die Hütchen gepreßt werden sollen, zwischen die Spitze der Stempel und die Matrizen. Beim Niedergehen des Rahmens schneiden die Matrizen Stücke Kupferblech gleich ihrem Durchmesser aus. In diesem Augenblicke bewirkt bei weiterer Umdrehung der Axe die größere Excentricität des Theils derselben, an welchem d und e befestigt sind, ein noch tieferes Herabgehen des Rahmens, wodurch die Stempel gezwungen werden, die ausgeschnittenen Kupferplättchen sofort in die Vertiefung der Matrizen hineinzustoßen. In diesem Falle hat der Stempel die Fig. 106 gezeichnete Lage. Die fertigen gepreßten Kupferhütchen entweichen durch einen Gang und das Spiel

Fig. 106.



der Maschine beginnt von Neuem. Außerdem sind für die Regelung der Bewegung des Kupferblechs, während es sich zum Ausschneiden der Platten darbietet, eiserne Leisten angebracht, welche der Einfachheit wegen in der Zeichnung weggelassen sind (G. Werther).

Neuerdings hat H. Josten, Mechaniker der Zündhütchenfabrik von Braun und Bloem in Ronsdorf, eine verbesserte Zündhütchenmaschine construirt, auf welcher durchschnittlich täglich 90,000 Kapseln hergestellt werden; sie ist außerdem so beschaffen, daß man die größten wie die kleinsten Hütchen auf der nämlichen Maschine darstellen kann. Die fertigen Kupferhütchen werden durch Umdrehen in einem Faß mit Seifenwasser gescheuert und durch Reiben mit Sägespänen getrocknet und polirt.

§. 533.

Das Füllen oder Laden der Zündhütchen mit der gekörnten Masse wird in Räumen und auf Tischen vorgenommen, welche eben so, wie §. 531 angegeben, ausgekleidet sind. Es wird nie mehr von dem gekörnten Pulver in das zum Füllen bestimmte Local gebracht, als die für den sofortigen Bedarf erforderliche Menge. Das Ausgießen der Körner aus den Flaschen geschieht außerhalb des Locales.

Zum Füllen wendet man zwei Instrumente an, welche die Arbeit zwar fördern, aber nach der bisherigen Construction nicht ohne Gefahr für den Arbeiter sind. Das eine Instrument, die Hand, ist eine mit Löchern versehene Kupferplatte, deren Löcher etwas weiter sind als die Kupferhütchen; in diese Löcher werden die Hütchen geschüttet. Das andere ist ein Trichter, aus vier über einander gesetzten und mit einander communicirenden Stücken bestehend. Die obere Abtheilung bildet ein ledernes Kästchen, welches etwa 200 Gramm gekörnte Masse faßt; darunter befinden sich zwei durchlöcherte Kupferplatten, die Schüttmaschine, deren Löcher den in der Hand befindlichen entsprechen; die obere Platte bildet den Boden; die untere Platte heißt die Schieblade. Das unterste Stück bildet eine weit dickere Kupferplatte, den Stifthalter, deren Löcher denen der Hand gleichfalls genau entsprechen, und auf welchen die Schieblade in Bahnen hin- und hergleitet. Nach außen hin hat diese Platte kleine Stahlstifte, welche in die Kupferhütchen bequem hineinpassen und die Masse in den Hütchen festdrücken sollen. In einer gewissen Stellung stehen die Löcher der Schieblade mit dem Boden des Kästchens in Verbindung und füllen sich mit Zündmasse, während die massiven Theile derselben die Löcher der untersten Platte ver-

schließen. Wird nun die gefüllte Schieblade etwas verschoben, so treten ihre Löcher mit den Löchern der untersten Platte in Verbindung und die Masse fällt in die Hütchen, während die massiven Theile der Schieblade die Löcher der obersten Platte verschließen.

Häufig stattgefundene Explosionen beim Laden der Zündhütchen nach der angegebenen Methode, deren unmittelbare Folge die Zertrümmerung des ganzen Apparates, oft sogar bedeutende Beschädigungen des Betriebslocales und Verletzung der mit dem Laden beschäftigten Arbeiter waren, haben veranlaßt, daß man den Fülltrichter und die Hütchen der unmittelbaren Handhabung durch die Arbeiter entzogen hat. Die eigentliche Lademaschine ist in einem besonderen Raume, dem Füllraum, aufgestellt, so daß sie durch eine Wand von den Arbeitern getrennt ist. Hinter dieser Wand ist ein schmiedeeiserner Mantel von beiläufig 5 Fuß Höhe und 2½ Fuß Breite auf passende Weise befestigt; seine Eisenstärke beträgt wenigstens ⅝ Zoll, damit er nöthigenfalls Schutz bei einer Explosion gewährt. Eine sehr zweckmäßige Lademaschine, bei deren Anwendung eine Explosion wol schwerlich stattfinden kann, ist neuerdings von J. G. Josten construirt worden [1]).

§. 534.

Früher pflegte man das Zündkorn in den Zündhütchen mit einer weingeistigen Lösung von Harzen zu überkleiden, um sie dadurch gegen den Zutritt von Feuchtigkeit zu schützen. Es hat sich jedoch gezeigt, daß weingeistige Lösungen von Sandarak und Schelllack auf das Kupfer oxydirend einwirken; am zweckmäßigsten hat sich eine Auflösung von Mastix in Terpentinöl erwiesen. Gegenwärtig legt man auf die in dem Kupferhütchen befindliche Zündmasse ein Kupferplättchen, das mit Hülfe des Stempels der Maschine fest auf die Zündmasse aufgepreßt wird. Josten [2]) hat eine derartige Maschine zum Einpressen der Metalldecke construirt, auf welcher täglich 30,000 Stück Zündhütchen gepreßt werden können.

J. und J. D. Horrocks haben vorgeschlagen, die Zündhütchen, bevor die explodirende Mischung hineingebracht wird, im Innern mit Guttapercha auszufüttern, damit sie auf Pistons von verschiedener Dicke benutzt werden können und auf denselben luftdicht anschließen. Das Ausfüttern der Hütchen mit Guttapercha erfolgt auf die Weise, daß man etwas erwärmte Gutta-

---

[1]) J. G. Josten, Dingl. Journ. CXXXVIII. S. 338; Polyt. Centralbl. 1856 S. 275.

[2]) J. G. Josten, Dingl. Journ. CXXXVIII. S. 14; Polyt. Centralbl. 1856 S. 82. —

percha in dasselbe legt und dann einen Stempel hineintreten läßt, welcher die Guttapercha an der Innenwand des Hütchens ausbreitet.

Ein Kilogramm Quecksilber, welches man in Knallquecksilber verwandelt, ist zur Füllung von 40,000 Zündhütchen ausreichend. Für Jagdflinten reicht diese Quantität für 57,000 Zündhütchen hin. Ein Zündhütchen enthält durchschnittlich 0,016 Gramm Knallquecksilber.

Die fertigen Zündhütchen werden in Schachteln und diese in Kästen verpackt, welche mit losen Fellen ausgelegt und deren Deckel mit Tuch oder Leder ausgeschlagen sind.

Es ist zufolge der von dem Engländer Lovell angestellten Versuche nicht mit Gefahr verknüpft, wenn unter einer großen Menge von Zündhütchen einige explodiren. Er brachte in einem Blechkasten, in welchem 500 Zündhütchen sich befanden, eines derselben zur Explosion. Nur zwei andere Zündhütchen explodirten noch, alle übrigen blieben unversehrt. Wiederholte Versuche gaben das nämliche Resultat, es explodirten nie mehr als 3—4 Zündhütchen. Als ein glühendes Eisen zwischen eine große Menge von Hütchen gebracht wurde, entzündeten sich nur die, welche das Eisen unmittelbar berührte. Wenn aber nur wenige Körner Schießpulver zwischen den Zündhütchen zerstreut sind, dann explodiren in der Regel sämmtliche Zündhütchen. Als man in Woolwich mit Flintenkugeln in große Paquete von Zündhütchen schoß, explodirten nur wenige und zwar die direct von der Kugel getroffenen. Befanden sich in den Paqueten dagegen einige Patronen, so explodirten alle Hütchen.

Obgleich das Knallquecksilber weit schneller explodirt als das Schießpulver, so geschieht doch unter Umständen die Explosion langsam genug, um ein Projectil fortschleudern zu können. Auf diesem Umstande beruht die Möglichkeit, mit Zündhütchen ohne Pulver zu schießen.

§. 535.

In Frankreich wendete man früher das Knallquecksilber, außer in Form von Zündhütchen, in Gestalt von Wachszündpillen (amorces cirées) an, welche sogar einige Zeit lang bei den Chasseurs in Gebrauch waren. Sie enthalten 0,03 Gramm Knallquecksilber und 0,01 Gramm feines Kanonenpulver, und sind mit einer mit der Hand angebrachten Schicht von Wachs umgeben, welche sie vor der Einwirkung der Feuchtigkeit schützt. Sie lassen sich auch gut auf der Pfanne befestigen und können ohne Gefahr transportirt werden, wenn man sie vor der Einwirkung der Wärme schützt, die ein Zusammenbacken oder Zerfließen derselben bewirken würde.

Kobaltpräparate.

§. 536.

Da einige der Kobaltpräparate, wie die Smalte (vergl. Seite 191) und der Zaffer (vergl. Seite 197), Hüttenfabrikate sind und als solche in der Metallurgie ihren Platz fanden, so beschränkt sich die Beschreibung der Kobaltpräparate auf die Darstellung von Kobaltultramarin, von Rinmann's Grün und von salpetrigsaurem Kobaltoxydul-Kali.

Kobaltultramarin.

Das Kobaltultramarin (Thénard's Blau, Leithener [nicht Leydner] Blau, Kobaltblau, bleu de Thénard, bleu de cobalt) ist eine wesentlich aus Thonerde und Kobaltoxydul (Kobaltoxydulaluminat) bestehende Farbe, welche zuerst von Wenzel in Freiberg, später noch einmal von Gahn in Fahlun, v. Leithener in Wien und Thénard in Paris entdeckt wurde.

In den sächsischen Blaufarbenwerken soll man nach der gewöhnlichen Angabe das Kobaltultramarin auf folgende Weise darstellen: Man löst in einem thönernen oder bleiernen Gefäße

6 Kilogr. eisenfreien Alaun

in siedendem Wasser, filtrirt die Lösung noch siedend heiß in einen hölzernen Präcipitirbottich und schlägt hierin mit kohlensaurem Kali die Thonerde als Hydrat nieder, welche durch sorgfältiges Auswaschen gereinigt wird.

Man bereitet ferner eine Auflösung von

$^1/_2$ Kilogr. Kobaltoxyd

in dem Zustande, in welchem es die Blaufarbenwerke in den Handel liefern, in

$1^1/_2$ Kilogr. Salzsäure von 22° B. (= 1,176 spec. Gew.),

verdampft die Kobaltchlorürlösung im Wasserbade bis zur Trockne, löst den blaugrünen Rückstand in

3 Liter Wasser

und leitet durch die Lösung Schwefelwasserstoffgas, um etwa dem Kobalt beigemengte fremde Metalle, welche die Schönheit der Farbe des Kobaltultramarins beeinträchtigen würden, zu entfernen. Nach dem Filtriren wird wieder bis zur Trockniß verdampft und der Rückstand in so viel Wasser gelöst, daß das Gewicht der Auflösung $4^1/_2$—5 Kilogr. ausmacht.

Je nachdem eine hellere oder dunklere Farbe des Ultramarins erzielt werden soll, verdünnt man 3, 4, 5 oder 6 Kilogr. der Kobaltchlorürlösung mit Wasser und fällt daraus das Kobaltoxydul mittelst Ammoniak, von

welchem letzteren jeder Ueberschuß zu vermeiden ist. Der gut ausgewaschene Niederschlag wird unter beständigem Umrühren zu dem Thonerdehydrat gebracht. Das Gemisch wird mit Wasser ausgewaschen, zum Abtropfen auf Leinwand gebracht, gepreßt, getrocknet und in Thontiegeln 2—2½ Stunden lang geglüht. Nach dem Erkalten wird die Farbe gemahlen, getrocknet, zerrieben und gesiebt.

6 Kilogr. Alaun und 3—6 Kilogr. Kobaltlösung geben im Durchschnitt 1 Kilogr. Kobaltultramarin, von den beiden dunkelsten mit 5 oder 6 Kilogr. Kobaltlösung bereiteten 60—100 Gramm mehr.

Man stellt gegenwärtig sechs Sorten dar, welche in Pappkapseln verpackt und mit dem Siegel der sächsischen Blaufarbenwerks-Compagnie versehen sind.

Diese Sorten sind

FFU à 1 Kilogr.	38½ Fl.		OU à 1 Kilogr.	22¾ Fl.	
FU à 1 „	31½ „		U_3 à 1 „	21 „	
MU à 1 „	28 „		U_4 à 1 „	19½ „	

Nach Louyet soll man das gallertartige Thonerdehydrat mit phosphorsaurem oder arsenikfaurem Kobaltoxydul mengen, worauf schon in der Rothglühhitze die blaue Farbe entstehen soll. Bei dieser Temperatur liefert ein Gemenge von Thonerdehydrat und Kobaltoxydulhydrat nur eine schwarze oder graue Masse, wie auch das Verhältniß beider Substanzen geändert werden mag. Um mit diesem Gemenge eine blaue Farbe zu erhalten, ist es nothwendig, die Temperatur fast bis zum Schmelzpunkte des Glases zu steigern. Die Gegenwart von Phosphorsäure und Arseniksäure begünstigt die Verbindung der Thonerde mit dem Kobaltoxydul und erhöht die Schönheit des Ultramarins.

Das im Handel vorkommende Kobaltultramarin ist demnach entweder Kobaltoxydul-Aluminat (thonsaures Kobaltoxydul) oder ein Gemenge desselben mit phosphorsaurem oder arsenikfaurem Kobaltoxydul (eigentliches Thénard's Blau).

Die Farbe des Kobaltultramarins kommt dem Ultramarin beim Tageslichte sehr nahe, bei künstlichem Lichte erscheint sie dagegen wie alle blauen Kobaltfarben, schmutzig violett. Sie deckt jedoch bei weitem nicht so, wie das gewöhnliche Ultramarin, und ist lasirend und durchscheinend. Sie ist luft- und feuerbeständig und wird in der Wasser-, Oel- und Porcellanmalerei benutzt.

§. 537.
Rinmann's Grün.

Rinmann's Grün (Kobaltgrün, Zinkgrün, vert de cobalt, vert de zinc) ist eine dem Kobaltultramarin entsprechende grüne Farbe, von dem schwedischen Metallurgen Rinmann in dem letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts durch Glühen eines Gemisches von Zinkoxyd mit Kobaltoxydul dargestellt. Nicht sowol der keineswegs angenehme Ton der Farbe, als vielmehr der hohe Preis der Materialien zur Darstellung des Kobaltgrüns mochte der Grund sein, daß diese grüne Farbe nie eine allgemeine Anwendung fand und jetzt, so zu sagen, nur noch in den Lehrbüchern der Chemie und in den Präparatensammlungen zu finden ist.

Seit einigen Jahren, seitdem das Zinkweiß ein gangbarer und billiger Handelsartikel geworden und das Kobaltoxydul ebenfalls wohlfeil in ziemlich reiner Gestalt im Handel sich findet, sind die Bedingungen der Fabrikation des Kobaltgrüns weit günstiger als früher.

Vor Allem ist die Darstellung eines von fremden Metallen möglichst freien Kobaltoxyduls nothwendig. Man bedient sich zu diesem Zwecke des Kobaltoxydes, wie es die sächsischen Blaufarbenwerke (Oberschlemma, Pfannenstiel) in den Handel liefern, löst dasselbe in 3 Theilen concentrirter Salzsäure, dampft die Lösung zur Trockne, löst den Rückstand in 6 Theilen Wasser und leitet durch die Flüssigkeit Schwefelwasserstoffgas, so lange als noch ein Niederschlag sich bildet. Die von den ausgeschiedenen fremden Schwefelmetallen abfiltrirte Flüssigkeit wird wieder zur Trockne abgedampft und der Rückstand in so viel Wasser gelöst, daß die Flüssigkeit 10 Theile wiegt. Ein Liter der Lösung enthält nicht viel weniger als 100 Gramm Kobaltoxydul, 100 Kubikcentimeter folglich 10 Gramm. Diese Flüssigkeit wird zum Gebrauche aufgehoben.

Fällt man diese Lösung mit kohlensaurem Natron und mischt das entstandene kohlensaure Kobaltoxydulhydrat nach dem Auswaschen noch feucht mit Zinkweiß, so erhält man einen röthlich violetten Brei, der nach dem Trocknen und anhaltendem Glühen eine grüne Masse bildet, deren Farbe um so intensiver ist, je größer die Quantität der angewandten Kobaltlösung war. Das Kobaltgrün läßt sich betrachten als ein Gemisch von zinksaurem Kobaltoxydul (dem Kobaltoxydul-Aluminat des Kobaltultramarins oder Thénard's Blau entsprechend) mit Zinkoxyd. Aus gut geglühtem Kobaltgrün zieht Ammoniak zuerst Zinkoxyd aus und erst später löst sich die Kobaltzinkverbindung. Glasflüsse werden durch Kobaltgrün, wie es auch nicht anders zu erwarten ist, blau gefärbt. Wird die Kobaltlösung bei der Bereitung des Kobaltgrüns

in solcher Menge angewendet, daß auf 1 Aequivalent Zinkweiß mehr als 1 Aequivalent Kobaltoxydul kommt, so erhält man nach dem Glühen eine schmutzig grüne oder selbst schwarze Masse — ein Gemenge der Verbindung ZnO, CoO wahrscheinlich mit überschüssigem Kobaltoxydul. Die angenehmste Farbenstufe von Grün erhält man, wenn man auf 9 — 10 Gewichtstheile Zinkweiß 1 — 1½ Gewichtstheil Kobaltoxydul anwendet. Die Farbennüance erreicht aber keineswegs die eines lebhaften Kupfergrüns, ja nicht einmal die des grünen Ultramarins.

§. 538.

Der belgische Chemiker Louyet hat nachgewiesen, daß ein Zusatz von Phosphorsäure oder Arsensäure bei der Bereitung des Kobaltultramarins die Schönheit der Farbe erhöhe. Begünstigte der Zusatz der Säuren die Verbindung des Kobaltoxyduls mit der Thonerde, so mußte die Gegenwart der genannten Säuren auch bei der Herstellung von Kobaltgrün von günstigem Einflusse sein. Der Versuch hat gelehrt, daß dem so war. Fällt man die obenerwähnte Kobaltlösung mit phosphorsaurem Natron oder arsensaurem Kali, so besitzt das so erhaltene phosphorsaure oder arsensaure Kobaltoxydul die Eigenschaft, dem Zinkweiß die grüne Farbe schon bei niedrigerer Temperatur als gewöhnliches Kobaltoxydul zu ertheilen. Das Kobaltoxydul wird ferner durch die beiden Säuren aufgeschlossen und wird ergiebiger. Die grüne Farbe wird endlich reiner und glänzender. Arsenigsaure Alkalien verhalten sich ebenso wie die arseniksauren und phosphorsauren. Wird die gemischte Masse vor dem Glühen mit einer kleinen Menge arseniger Säure gemengt und dann geglüht, so erhält man eine außerordentlich glänzende grüne Masse, welche durch die arsenige Säure, indem sich dieselbe zum Theil verflüchtigte, eine lockere, schwammige Beschaffenheit angenommen hat, in deren Folge sie sich leicht zerreiben läßt.

Borsäure hat vielleicht, insofern sie die Verbindung des Kobaltoxyduls mit dem Zinkoxyd erleichtert, ebenfalls günstige Wirkung. Es ist bis jetzt aber nicht gelungen, die geeignete Form ausfindig zu machen, in welcher die Borsäure der Mischung zugesetzt werden muß. Borsaures Kobaltoxydul giebt entweder, wenn es in größerer Menge mit Zinkweiß gemischt wird, nach dem Glühen ein blaues Glas, oder, wenn man es in kleiner Quantität anwendet, eine zusammengesinterte blaue Masse.

Ein ganz ähnliches Resultat erhält man, wenn man Kobaltoxydullösung mit Wasserglas fällt und das entstandene kieselsaure Kobaltoxydul mit Zinkweiß mengt und glüht.

Das mit der arsenigen Säure isomorphe Antimonoxyd, durch Fällen

von Antimonchlorid mit kohlensaurem Natron erhalten, läßt die Farbe des Kobaltgrüns unverändert. —

§. 539.
Salpetrigsaures Kobaltoxydul-Kali.

Das salpetrigsaure Kobaltoxydul-Kali wurde zuerst von N. W. Fischer in Breslau durch Vermischen einer Kobaltoxydullösung mit salpetrigsaurem Kali dargestellt. Es erscheint als gelber, krystallinischer Niederschlag, welcher in Wasser ganz unlöslich ist. Fischer schlug das salpetrigsaure Kali als sicheres und empfindliches Reagens auf Kobalt vor, indem es in einer Lösung von $^1/_{1000}$ Kobalt sogleich, in einer Lösung von $^1/_{3000}$ nach wenigen Stunden einen gelben Niederschlag giebt. E. St. Evre untersuchte den gelben Körper näher und hob besonders, wegen seiner schönen Farbe, welche vollkommen der des *Jaune indien* (euranthinsaure Magnesia) ähnlich ist, und seiner Beständigkeit unter dem Einflusse oxydirender und schwefelnder Substanzen, seine Anwendbarkeit in der Oel- und Aquarellmalerei hervor. Man stellt die gelbe Verbindung nach St. Evre dar, indem man aus salpetersaurem Kobaltoxydul-Kali durch einen geringen Ueberschuß von Kali rosenrothes Kobaltoxydul-Kali fällt und in den Brei Stickstoffoxydgas leitet. Nach St. Evre soll diese Verbindung aus KO, CoO, N_2O_8 bestehen. Nach einer neuen Untersuchung von A. Stromeyer ist dagegen ihre Formel $Co_2O_3, 2NO_3 + 3KO, NO_3 + 2HO$. Das salpetrigsaure Kali stellt man nach Stromeyer am besten durch Schmelzen von 1 Th. Salpeter und Einrühren von 2 Th. Blei in die geschmolzene Masse dar, das Blei oxydirt sich und der Salpeter geht in salpetrigsaures Kali über.

Da das salpetrigsaure Kobaltoxydul-Kali auch aus unreinen Kobaltoxydullösungen vollkommen frei von Nickel, Eisen 2c. gefällt wird, so ist es auch in der Porcellan- und Glasmalerei allen anderen Kobaltpräparaten vorzuziehen, wenn es sich um die Herstellung einer reinen blauen Nüance handelt.

Zinnpräparate.

§. 540.
Zinnsalz.

Das Zinnsalz oder Zinnchlorür (chlorure stanneux, chlorure d'étain, sel d'étain *protochloride of tin, tin-salt*) $SnCl$ besteht im wasserfreien Zustande in 100 Th. aus

Zinn	62,2 Th.
Chlor	37,8 „

Im wasserhaltigen Zustande $SnCl + 2HO$ bildet es große durchsichtige Krystalle (vierseitige Prismen) oder Nadeln, welche einen höchst unangenehmen, herben metallischen Geschmack besitzen, an der Luft leicht zerfließen, sich sehr leicht in Wasser zu einer Flüssigkeit lösen, die einen widrigen Geruch besitzt. Durch Zusatz einer größeren Menge Wasser wird die concentrirte wässerige Lösung unter Abscheidung eines weißen leichten Pulvers ($SnCl, SnO + 2HO$) zersetzt. Diese Abscheidung wird durch Zusatz von Weinsäure, Weinstein oder Salmiak vermieden.

Man erhält das Zinnsalz durch Auflösen von Zinndrehspänen in concentrirter Salzsäure, Decantiren der klaren gesättigten Lösung, Verdampfen und Krystallisiren derselben. Um jede Verunreinigung mit Zinnchlorid zu vermeiden, muß während des Auflösens das Zinn im Ueberschusse vorhanden sein. Nach dem von Nöllner vorgeschlagenen Verfahren läßt man die Salzsäure, sowie sie aus der Retorte austritt, sogleich durch Vorlagen von Steingut, welches man mit granulirtem Zinn gefüllt hat, gehen. Das Zinn absorbirt die Salzsäure und man umgeht somit den durch Entweichen von Salzsäure bedingten Verlust und beugt auch dem bei der sonstigen Vorbereitung der Säure eintretenden Nachtheil auf die Umgebungen, Gebäude ꝛc., sowie auch auf die Gesundheit der Arbeiter vor. Die aus den Vorlagen abfließende concentrirte Zinnsalzlösung dampft man nicht in Schalen von Steingut, sondern in zinnernen, mit granulirtem Zinn versehenen Pfannen ein. Enthielte die Zinnlösung auch wirklich noch freie Salzsäure, so wird dennoch nicht die Pfanne, sondern nur das granulirte Zinn angegriffen, weil letzteres positiv, die Pfanne aber negativ elektrisch wird, so daß sich letztere mit metallischem Zinn bedeckt. In schadhafte Stellen schlägt man einen zinnernen Nagel ein, der sehr bald vom ausgeschiedenen Zinn überdeckt und mit der Pfanne gleichsam verlöthet wird. Bankroft empfahl bereits im Jahre 1794, anstatt des gewöhnlichen Zinnsalzes schwefelsäurehaltiges Zinnchlorür, durch Auflösen von 1 Th. Zinndrehspänen in 3 Th. Salzsäure und 2 Th. concentrirter Schwefelsäure anzuwenden. Die Lösung ist durchsichtig und klar und läßt sich, ohne daß Abscheidung von basischem Salze stattfindet, aufbewahren.

Man benutzt das Zinnsalz als Reductionsmittel in der Färberei und dem Zeugdruck zum Desoxydiren von Indig (Zinnoxydulküpe), Eisenoxyd und Manganoxyd, ferner als Beizmittel, namentlich zur Darstellung der rothen Farben mit Cochenille, zur Darstellung des Cassius'schen Goldpurpurs u. s. w.

§. 541.

Das sogenannte salpetersaure Zinn der Färber wird durch Auflösen von gekörntem Zinn in Königswasser erhalten; diese Auflösung führt

auch die Namen Physik, Physikbad, Composition; sie enthält Zinnchlorid und Zinnchlorür. Die mit Hülfe derselben erzielten Farben werden Physikfarben genannt. Eine Verbindung des Zinnchlorids mit Salmiak ($SnCl_2 + NH_4Cl$) wird unter dem Namen Pinksalz in der Zeugdruckerei als Beize benutzt. Man stellt letzteres durch Mischen concentrirter Lösungen von Zinnchlorid und Salmiak dar; es bildet sich sofort ein krystallinischer Niederschlag, den man auf Leinwand abtropfen läßt, ihn dann auspreßt und bei einer Temperatur von 50 — 60° trocknet. Es erscheint als ein schneeweißes, voluminöses, in 3 Th. kalten Wassers lösliches Pulver, aus dessen verdünnter Lösung alles Zinnoxyd in weißen Flocken ausgeschieden wird.

§. 542.

Zinnsaures Natron (Sodastannat).

Das zinnsaure Natron (Sodastannat, Zinnoxyd-Natron, stannate de soude, *stannate of soda*), eine gegenwärtig in der Färberei und Zeugdruckerei häufig angewendete Verbindung, läßt sich auf verschiedene Weise darstellen. Früher erhielt man dieselbe dadurch, daß man metallisches Zinn mit Chilisalpeter verquickte, die erhaltene Masse auflöste und zur Krystallisation abdampfte. Nach der von Young vorgeschlagenen Methode ist die Reduction des Zinnes aus seinen Erzen überflüssig; nach ihm schmilzt man den in sehr reinem Zustand in Cornwallis und anderen Orten vorkommenden Zinnstein in fein gepochtem Zustande mit Aetznatron zusammen und läßt die klare Lösung der geschmolzenen Masse krystallisiren. Eisen, Kupfer u. dergl., die sich in kleiner Menge stets in dem Zinnstein finden, werden durch das überschüssige Natron als unlösliche Oxyde abgeschieden.

R. E. Brown fand im Jahre 1847, daß sich beim Kochen von metallischem Zinn mit Bleioxyd und Natronlauge unter Abscheidung von metallischem Blei zinnsaures Natron bilde. Darauf gründet Edw. Häffely seine Methode der Darstellung von zinnsaurem Natron: Man digerirt in einem Metallgefäße Bleiglätte oder Mennige mit Natronlauge von ungefähr 22 Proc. Natrongehalt und verdünnt die entstandene Lösung, wenn man das zu erzeugende zinnsaure Natron in Lösung aufbewahren will, und zwar über dem Niederschlage. In die Lösung des Bleioxyd-Natrons, welche zur Beschleunigung der Operation erhitzt wird, bringt man granulirtes Zinn, worauf Blei in Form von Bleischwamm sich ausscheidet und zinnsaures Natron sich bildet. Die vortheilhaftesten Verhältnisse der anzuwendenden Materialien sind:

8	Kilogr. gekörntes Zinn,	
22½	„	Natronlauge von 70° Tw. (= 1,350 spec. Gewicht);
35—40	„	Bleiglätte oder 27 Kilogr. Mennige.

Sobald das Zinn, das man auch in einem Beutel in die siedende Lösung tauchen kann, sich aufgelöst hat, läßt man das Blei sich absetzen und gießt die klare Lösung ab. Der Bleiniederschlag wird ein oder zwei Mal mit Wasser abgewaschen und die ablaufende Flüssigkeit zum Auflösen einer neuen Menge von Aetznatron benutzt. Das ausgeschiedene Blei wird ebenfalls für eine nächste Operation zu Gute gemacht, indem man es auf einer heißen Ofenplatte bis fast zum Rothglühen erhitzt, wobei es sich, je nach der Höhe der Temperatur, zu Oxyd oder zu Mennige oxydirt. Statt des Bleioxydes lassen sich auch andere sauerstoffabgebende Oxyde, z. B. die Hydrate des Eisenoxydes, Mangansuperoxydes, oder mangansaures Natron anwenden. Daß beim Kochen von Indig mit Natronlauge mit metallischem Zinn unter Reduction des Indigs zu Indigweiß sich zinnsaures Natron bildet, ist schon von Brown gezeigt worden und war noch früher bekannt, indem sich ja die eine Methode der Darstellung von Zinnküpe auf diese Reaction gründet[1]).

§. 543.

In den letzten Jahren ist in England in der Färberei ein Doppelsalz von Natron mit Arsensäure und Zinnsäure (Zinnoxyd) in Gebrauch gekommen. Die Anwendung dieses giftigen Doppelsalzes als Ersatz für reines zinnsaures Natron, welche nur durch die damit verbundene Ersparniß veranlaßt wurde, ist aber keineswegs zu rechtfertigen. Ueber die chemische Constitution und praktische Anwendung jenes Doppelsalzes hat Edw. Häffely Folgendes ermittelt: Setzt man überschüssige Salpetersäure zu einer Auflösung von zinnsaurem Natron und arsensaurem Natron, worin das arsensaure Kali vorwaltet, und erhitzt diese Mischung zum Sieden, so bildet sich ein weißer gallertartiger Niederschlag, welcher aus einer constanten Verbindung von Arsensäure, Zinnoxyd (Zinnsäure) und Wasser besteht; ausgewaschen und getrocknet bildet er durchscheinende Stücke.

Die Analyse ergab für 100 Th. derselben:

Zinn	45	46,3
Arsenik	27,2	26,3

entsprechend der Formel 2 SnO_2, AsO_5.

Die wasserhaltige Verbindung, bei 120° C. getrocknet, verliert 25,3 Procent Wasser = 10 Aequivalenten.

Dieses wasserhaltige arsensaure Zinnoxyd wird durch überschüs-

[1]) Die dabei stattfindende Reaction ist folgende:

Indig 2 C_{16} H_5 NO_2 Zinn Sn Natron NaO, HO	geben	Indigweiß 2 C_{16} H_6 NO_2 Zinnsaures Natron SnO_2, NaO.

siges Natron zersetzt, wobei zwei Salze entstehen, wovon das eine alle Arsensäure enthält und zuerst in seidenglänzenden Nadeln sich ausscheidet, während die Mutterlauge gewöhnliches zinnsaures Natron enthält.

Die Zusammensetzung des seidenglänzenden Salzes ergab sich bei der Analyse entsprechend der Formel

$$6\,SnO_2 .\ NaO,\ 2\,AsO_5 + 5\,HO.$$

Häffely hat zahlreiche Versuche im Großen angestellt, um die Frage zu entscheiden, ob beim Drucken und Färben der Baumwollzeuge bloßes Zinnoxydhydrat als Beizmittel arsensaurem Zinnoxyd vorzuziehen sei. Es ergab sich, daß man mit Zinnoxydhydrat allein die verschiedenen Nüancen lebhafter und sicherer gleichförmig erzeugen kann, als wenn dasselbe Arsensäure enthält. Man sollte daher um so mehr nur reines zinnsaures Natron anwenden, als das arsensaure Doppelsalz die Gesundheit der Arbeiter beeinträchtigen könnte.

§. 544.

Das zinnsaure Natron — Präparir- oder Grundirsalz — wird der Wohlfeilheit wegen auch zuweilen durch Auflösen von Zinnsalz in überschüssiger Natronlauge dargestellt. In diesem Falle bildet sich allerdings Zinnoxydul-Natron (zinnigsaures Natron, Sodastannit), welches sich aber durch die Kohlensäure der Luft in kohlensaures Kali und Zinnoxydul zersetzt; letzteres geht an der Luft sofort in Zinnoxyd über. Auch beim ruhigen Stehen der Lösung von Zinnoxydul-Natron zersetzt sich das Zinnoxydul in Zinn und Zinnoxyd; ersteres geht in der Luft nach und nach in Zinnoxyd über. Nach der Vorschrift von Mercer, Greenwood und Barnes stellt man das Zinnoxydul-Natron durch Erhitzen von

6,7	Kilogr.	Natronhydrat,
2	„	Kochsalz,
1/2	„	Chilisalpeter,
2	„	Zinn

in einem eisernen Gefäße unter fortwährendem Umrühren, bis sich kein Ammoniak mehr entwickelt und die Masse fest geworden, und Lösen derselben in Wasser dar.

Nach J. Löwenthal wird eine wässerige Lösung von Zinnchlorid durch Zusatz von schwefelsaurem Natron unter Ausfällung von Zinnoxydhydrat vollständig zersetzt. Die Ausfällung wird beschleunigt durch Erwärmen und durch Zusatz einer größern Menge von schwefelsaurem Natron, während freie Säure die Zersetzung mehr oder weniger verlangsamt:

Zinnchlorid $Sn\,Cl_2$ Schwefelsaures Natron $4\,NaO,\,SO_3$ Wasser $4\,HO$	geben	Zinnoxydhydrat $SnO_2,\,2\,HO$ Chlornatrium $2\,Na\,Cl$ Zweifach schwefelsaures Natron $2\,(NaO,\,HO,\,2\,SO_3)$.

Diese Reaction bietet ein geeignetes Mittel dar, Zeuge mit Zinnoxyd zu verbinden (denselben die Zinnbeize zu geben). Löwenthal ist der Ansicht, daß diese Reaction, richtig angewendet, vor dem Beizen mit den theuren zinnsauren Alkalien den Vorzug verdiene.

Orland macht den zu beachtenden Vorschlag, anstatt des Zinnoxyd-Natrons wolframsaures Natron anzuwenden.

§. 545.
Musivgold.

Das Musivgold (or musif, or de Judée, *mosaic gold*) ist Zweifach-Schwefelzinn $Sn\,S_2$ und besteht in 100 Theilen aus

Zinn	64,63 Th.
Schwefel	35,37 „

Man kann diese Verbindung nicht durch Zusammenschmelzen der Bestandtheile erhalten, weil die Temperatur, welche zur Vereinigung der beiden Körper gehört, höher ist als die, welche das Zweifach-Schwefelzinn ohne Zersetzung ertragen kann.

Man stellt das Musivgold dar, indem man ein Amalgam, aus 4 Th. Zinn mit 2 Th. Quecksilber bestehend, mit $2^1/_3$ Th. Schwefel und 2 Th. Salmiak innig mischt, das Gemenge in einen Kolben giebt, welchen man in einem Sandbade, ungefähr zwei Stunden lang, anfangs nicht völlig bis zum Glühen, dann nach und nach stärker erhitzt. Zuerst entweicht der Salmiak, darauf sublimirt das Quecksilber als Zinnober mit kleinen Mengen von Zinnchlorid verunreinigt, und zurück bleibt das Musivgold, von welchem jedoch in den meisten Fällen nur die obere Schicht aus einem brauchbaren Präparat besteht, während die untere Schicht als mißfarbig abgesondert wird.

Der Vorgang bei der Bildung des Musivgoldes nach der gegebenen Vorschrift scheint folgender zu sein: Das Zinn zersetzt den Salmiak und bildet Zinnchlorür, welches sich mit unzersetztem Salmiak zu $Sn\,Cl + 2\,NH_4\,Cl$ verbindet, Wasserstoff und Ammoniak. Der Wasserstoff verbindet sich im Augenblicke des Freiwerdens mit dem Schwefel zu Schwefelwasserstoff, welcher mit dem Ammoniak zu Ammoniumsulfhydrat ($NH_4\,S,\,SH$) zusammentritt. Letztere Verbindung setzt sich mit dem Zinnchlorür zu Salmiak und Einfach-Schwefelzinn um:

Ammoniumsulfhydrat $NH_4\,S,\,SH$ Zinnchlorür $2\,Sn\,Cl$	geben	Einfach-Schwefelzinn $2\,Sn\,S$ Salmiak und Salzsäure $NH_4\,Cl$ und HCl.

Das Einfach-Schwefelzinn geht sofort durch Aufnahme von Schwefel in Musivgold über. Es ist auch möglich, daß das Ammoniumsulfhydrat sich mit dem Schwefel zu einem Ammoniumpolysulfuret vereinigt, welches unmittelbar aus dem Zinnchlorür Musivgold bilden kann. Das Quecksilber verflüchtigt sich als Zinnober und scheint hierbei keinen andern Zweck zu haben, als zu bewirken, daß das Musivgold für Augenblicke Gasform annehmen kann. Der Salmiak und das Quecksilber wirken aber auch physikalisch günstig bei der Bildung von Musivgold ein, indem sich beide vor der Rothglühhitze verflüchtigen und daher jede Wärmemenge binden, welche eine höhere Temperatur erzeugen und eine Zersetzung des Musivgoldes nach sich ziehen würde. Es ist übrigens Thatsache, daß Musivgold untadelhaft auch ohne Quecksilber dargestellt werden kann. Pelletier erhielt aus einem Gemenge von gleichen Theilen Zinnfeile, Schwefel und Salmiak ein schönes Präparat. Die sich verflüchtigenden Producte waren Salmiak, Ammoniumsulfuret, Schwefelwasserstoff und Schwefel. Ein Gemisch von gleichen Theilen Einfach-Schwefelzinn, Salmiak und Schwefel giebt ebenfalls Musivgold.

Das Musivgold erscheint, wenn die Operation gut gelungen, in zarten goldgelben oder bräunlichgelben metallglänzenden Schuppen, welche sich zwischen den Fingern wie Talk anfühlen lassen. Es löst sich in Schwefelkalimetallen zu Sulfosalzen, aus denen durch Zusatz von Säuren nichtkrystallinisches gelbes Zweifach-Schwefelzinn ausgeschieden wird. Möglich, daß es gelingen wird, durch sehr langsame Abscheidung des Zweifach-Schwefelzinns aus einer Lösung von Zinnsulfid-Schwefelnatrium das Musivgold auf nassem Wege zu erhalten.

Es läßt sich auf die Oberfläche der Körper in den dünnsten Schichten zertheilen und wird zur unächten Vergoldung auf Holz, Gyps, Pappe, Papiermaché, Messing, Kupfer &c. verwendet, indem man es mit Eiweiß aufträgt; man überzieht es nachher, wie bei Lampen, mit einem Lack. Gegenwärtig ist es zum großen Theile durch die weit schönern Bronzepulver (Bronzefarben, §. 315, Seite 312) verdrängt worden. Ehedem gebrauchte man es auch zum Bestreichen des Reibkissens der Elektrisirmaschinen.

§. 546.

Es dürfte bei Gelegenheit des Musivgoldes am Orte sein, auf die von Wöhler entdeckte Verbindung, das wolframsaure Wolframoxyd-Natron, aufmerksam zu machen, was man wohl, wenn es billig genug hergestellt werden kann, zu gewissen Zwecken anstatt des Musivgoldes und der Goldbronze wird anwenden können. Um diese Verbindung darzustellen, erhitzt man nach Wöhler zweifach wolframsaures Natron, durch Auflösen von

Wolframsäure in schmelzendem einfach wolframsauren Natron dargestellt, bei Rothglühhitze in trocknem Wasserstoffgase; es wird kupferroth und nach dem Erkalten goldgelb. Nach dem Behandeln der Masse mit Wasser, um unzersetzt gebliebenes wolframsaures Natron zu entfernen, bleibt die Verbindung in prachtvoll goldgelben und goldglänzenden Blättchen und Würfeln zurück, die sich durch große Beständigkeit auszeichnen, da sie, ohne sich zu zersetzen, bis zum Glühen erhitzt werden können und durch Kalilauge, Ammoniak, Salpetersäure, Schwefelsäure, selbst Königswasser nicht angegriffen werden. Nach H. Wright erhält man die fragliche Verbindung viel leichter und vortheilhafter durch die Einwirkung von Zinn auf erhitztes zweifach wolframsaures Natron. Man nimmt hierzu wasserfrei gemachtes zweifach wolframsaures Natron oder auch ein Gemenge von 7 Th. Wolframsäure und 3 Th. wasserfreiem kohlensaurem Natron, welches man in einem Porcellantiegel zusammenschmilzt und in welches man nach und nach noch so viel Wolframsäure einträgt, als es aufzulösen vermag. In die schmelzende Masse legt man nun Zinn in kleinen Stückchen. Die Bildung der Krystalle an der Oberfläche des schmelzenden Zinns beginnt sofort, man sieht wie sie wachsen und bald die ganze Masse anfüllen. Zum Gelingen der Operation und zur Erhaltung schöner und großer Krystalle ist es nothwendig, daß man eine nur eben zum Schmelzen des Salzes hinreichende Temperatur anwendet und daß man den Proceß nur ganz kurze Zeit dauern läßt. Zur Isolirung der entstandenen Krystalle wird die erkaltete Masse abwechselnd mit Kalilauge und Salzsäure behandelt. Ihr spec. Gewicht = 6,617.

Das analoge wolframsaure Wolframoxyd-Kali wird nach Laurent in prachtvoll violetten, im Sonnenlichte kupferglänzenden, dem sublimirten Indig ähnlichen Nadeln erhalten.

Antimonpräparate.

§. 547.

Antimonzinnober.

Der Antimonzinnober (entweder eine eigenthümliche Modification des Schwefelantimon $Sb\ S_3$ oder ein Antimonoxysulfuret) ist ein dem Zinnober an Farbe ähnliches Präparat, auf welches, obgleich dasselbe bereits im vorigen Jahrhundert angewendet wurde, erst in den letzten Jahren die Aufmerksamkeit wieder gerichtet worden ist. Es sind mehrere Vorschriften zur Darstellung dieses Körpers mitgetheilt worden. Nach A. Strohl erhält man ihn, wenn man unterschwefligsaures Natron auf Antimonchlorür und Wasser einwirken läßt; es bildet sich langsam in der Kälte und rasch beim Er-

hitzen bis zum Sieden ein Niederschlag, der sich leicht absetzt, ausgewaschen und getrocknet wird. Er bildet ein carminrothes zartes Pulver von sammetähnlicher Beschaffenheit. Luft und Licht verändern ihn nicht. Die Bildung des Antimonzinnobers erfolgt nach Strohl nach folgendem Schema:

Antimonchlorür 2 $Sb\,Cl_3$ Unterschwefligsaures Natron 3 NaO, $S_2\,O_2$ Wasser 6 HO	geben	Antimonzinnober $Sb\,S_3$, SbO_3 Schwefelsaures Natron 3 NaO, SO_3 Salzsäure 6 ClH

Man erhält den Antimonzinnober durch Befolgung der nachstehenden Vorschrift rein:

60 Th. krystallis. unterschwefligsaures Natron,
50 „ festes Antimonchlorür,
300 „ destillirtes Wasser.

M. Pettenkofer hatte schon früher (im Jahre 1847), nach ihm von Unger gemachten Mittheilungen, den Antimonzinnober untersucht und gefunden, daß man ihn auch aus Brechweinstein darstellen könne, wenn man denselben mit unterschwefligsaurem Natron und Salzsäure kocht.

Nach Mathieu-Plessy ist der Antimonzinnober eine neue Modification des Antimonsulfuretes ($Sb\,S_3$), eine Ansicht, welcher sich in Folge angestellter Analysen Rieckher und Andere[1]) anschließen. Rieckher interpretirt die Reaction bei Bildung des Antimonzinnobers nach der Methode von Pettenkofer aus Antimonoxyd, Salzsäure und unterschwefligsaurem Natron in folgender Weise:

Unterschwefligsaures Natron 3 NaO, $S_2\,O_2$ Antimonoxyd SbO_3 Salzsäure 3 ClH	geben	Antimonzinnober $Sb\,S_3$ Schwefelsaures Natron 3 NaO, SO_3 Salzsäure 3 ClH.

§. 548.

Nach Böttger erhält man Antimonzinnober von prachtvoll carmoisinrother Farbe auf folgende Weise: Man fügt in einer Porcellanschale zu 1 Gewichtstheil officinellen Chlorantimons (Butyrum antimonii) von 1,35

---

[1]) Vergl. Wagner's Jahresbericht der chem. Technologie, 1855 S. 134; 1856 S. 153. Ich bin ebenfalls der Ansicht, daß der Antimonzinnober sauerstofffrei sei. Im technologischen Cabinete der Universität Würzburg befindet sich ein Stück scheinbar krystallisirten Antimonzinnobers von prachtvoller Farbe, schon zu Ende des vorigen Jahrhunderts der Sammlung einverleibt, der augenscheinlich aus dem strahlig krystallisirten grauen Schwefelantimon, vielleicht durch Erhitzen und schnelles Abkühlen, dargestellt worden ist, ohne daß die Verbindung ihre Form verändert hat. Sie ist eine Pseudomorphose von amorphem Antimonsulfuret nach Grauspießglanzerz. Die Zusammensetzung ist genau nach der Formel $Sb\,S_3$.

spec. Gewicht eine Auflösung von unterschwefligsaurem Natron (bestehend aus $1^1/_2$ Gewichtstheilen des Natronsalzes und 3 Gewichtstheilen Wasser), erhitzt langsam unter fortwährendem Umrühren, bis aus der Flüssigkeit sich nichts mehr abscheiden will. Man erhält so eine Schwefelantimonverbindung von außerordentlich schön carmoisinrother Farbe, muß aber Sorge tragen, daß vor dem Aussüßen derselben auf dem Filter die anhängende Mutterlauge möglichst abtropfe, und der Zinnober dann nicht mit Wasser zusammengebracht werde, weil durch das in der Mutterlauge noch anwesende Chlorantimon leicht, in Folge der Bildung von Algarothpulver (Antimonoxychlorür), eine Verunreinigung des Zinnobers stattfinden könnte. Man süßt daher das Präparat am vortheilhaftesten die ersten Male mit ganz verdünnter Essigsäure, und erst zuletzt mit Wasser aus.

Kocht man den Antimonzinnober mit einer Auflösung von kohlensaurem Natron, so verwandelt er sich in Kermes. Durch die Behandlung mit Essigsäure, Oxalsäure, Phosphorsäure, Ameisensäure, Borsäure, Citronensäure, Weinsäure mit 8 fach verdünnter Schwefelsäure, desgleichen mit einer Auflösung von saurem oxalsauren Kali und von unterschwefligsaurem Natron, wird er weder in der Kälte noch in der Wärme angegriffen, ja er scheint sogar bei der Behandlung mit den genannten Stoffen an Farbenintensität noch zu gewinnen; dagegen wird er von Salzsäure und von Salpetersäure von 1,2 spec. Gew. mit Leichtigkeit zersetzt, ebenso in der Wärme von Chromsäure. Aetzammoniak löst ihn unvollständig auf, desgleichen wird er in der Wärme von Kali- und Natronlösung mit Leichtigkeit vollständig gelöst, eine Flüssigkeit bildend, deren man sich in geeigneten Fällen zur Schwärzung von polirten kupfernen Gegenständen mit Vortheil wird bedienen können.

§. 549.

Neapelgelb.

Das Neapelgelb (neapolitanische Erde, jaune de Naples, Gialolino, *Neaple-yellow*) ist eine wesentlich aus antimonsaurem Bleioxyd bestehende, orangegelbe, sehr beständige Oel- und Schmelzfarbe, welche vor dem Bekanntwerden des Chromgelb häufig angewendet wurde.

Nach einer älteren Vorschrift stellt man das Neapelgelb auf folgende Weise dar: Man verwandelt eine Legirung von 1 Th. Blei mit 0,5—1,5 Th. Antimon durch Erhitzen an der Luft in Oxyde, mengt dieselben mit Weinstein (0,13 Th.), Kochsalz (0,13 Th.), Alaun (0,08 Th.) oder Salmiak (0,04 Th.) und erhitzt das Gemenge in offenen Gefäßen bis zum angehenden Rothglühen. Einer anderen Angabe zufolge soll man

1 Th. Bleiweiß mit
3 Th. *Antimonium diaphoreticum* (durch Verpuffen von 1 Th. Schwefelantimon mit 2—3 Th. Salpeter bereitet, demnach unreines antimonsaures Kali)
1 Th. Salmiak
1 Th. Kalialaun

bis zum Rothglühen erhitzen und die Masse nach dem Erkalten mit Wasser ausziehen.

Nach Brunner erhält man ein vorzügliches Präparat durch zweistündiges Erhitzen eines Gemenges von

1 Th. weinsaurem Antimonoxyd-Kali (Brechweinstein),
2 Th. salpetersaurem Bleioxyd
4 Th. Kochsalz

in einem hessischen Tiegel, bis es eben schmilzt. Die geglühte Masse wird nach dem Erkalten in Wasser gebracht, worin sie zu einem feinen Pulver zerfällt. Je nach der angewendeten Temperatur zeigt das Präparat eine verschiedene Nüance; bei möglichst niederer Temperatur erhalten, erscheint es orangegelb, bei stärkerer Hitze dargestellt, mehr schwefelgelb. Auf wohlfeilere Weise stellt man das Neapelgelb durch Zusammenschmelzen von 2 Th. Letternmasse (Seite 265) mit 3 Th. Salpeter und 6 Th. Kochsalz und Ausziehen der geschmolzenen Masse nach dem Erkalten mit Wasser dar.

Nach Merimée erhält man das Neapelgelb auch durch Glühen eines Gemenges von 1 Th. Antimonium diaphoreticum mit 2 Th. Mennige oder auch eines Gemenges von 12 Th. metallischem Antimon mit 8 Th. Mennige und 4 Th. Zinkoxyd.

Bei der Anwendung des Neapelgelbs als Schmelzfarbe kann man es, um es heller zu machen, mit Bleiglas zusammenschmelzen.

Wächter fand, daß die mit Hülfe von Neapelgelb erhaltenen Schmelzfarben nach dem Einbrennen auf Porcellan unter dem Mikroskop als ein ungleichförmiges Gemenge von farblosem Bleiglase mit gelbem durchschimmernden antimonsauren Bleioxyd bestehen.

Arsenikpräparate.

§. 550.

Arseniksäure.

Als Nachtrag zu den Seite 144 bis 147 erwähnten Arsenikhüttenfabrikaten (arsenige Säure, Realgar, Operment) sei hier die Arseniksäure (acide arsenique, *arsenic acid*) angeführt, $As\,O_5$, in 100 Th. aus

Arsenik	65,28 Th.
Sauerstoff	34,72 „

bestehend. Die von E. Kopp beschriebene fabrikmäßige Darstellung der Arseniksäure ist folgende: Man läßt auf 400 Kilogr. gepulverte arsenige Säure 300 Kilogr. Salpetersäure von 1,35 spec. Gew. in eine Cisterne von 1500 Liter Capacität fließen. Die Reaction beginnt fast augenblicklich und durch stete Erhöhung der Temperatur tritt ein lebhaftes Kochen ein, während sich eine bedeutende Gasmenge entwickelt. Um den Verlust an Salpetersäure, so wie ihre schädlichen Einflüsse auf die Vegetation zu vermeiden, leitet man die Dämpfe mit Luft und Wasserdampf gemischt durch einen langen Canal sehr weiter Röhren von Steingut, welche Coaks enthalten, die entweder durch einen Wasserstrahl naß erhalten werden oder mit verdünnter Salpetersäure von früheren Condensationen begossen sind, und unterhält den nöthigen Zug durch eine sehr hohe Esse. Man gewinnt auf diese Weise eine Salpetersäure von 1,15—1,18 spec. Gewicht, welche $^2/_3$—$^3/_4$ von der angewendeten Säuremenge ausmacht. Nach 24 bis 36 Stunden zieht man die flüssige und klare Arsensäure, welche die Consistenz der concentrirten Schwefelsäure hat, mittelst eines Bleihebers ab. War bei der Bereitung immer die arsenige Säure in geringem Ueberschuß vorhanden, so enthält die Arsensäure geringe Mengen davon in Lösung, welche aber durch einen Zusatz von $^1/_{1000}$—$^1/_{1500}$ concentrirter Salpetersäure zur noch warmen Flüssigkeit vollständig oxydirt werden können.

Man zieht es vor, die Flüssigkeit ohne Weiteres anzuwenden, anstatt sie auf trockne Arseniksäure zu verarbeiten.

E. Kopp hat vorgeschlagen, die Arsenikſäure anstatt der Weinsäure in der Zeugdruckerei anzuwenden.

Goldpräparate.

§. 551.

Der Goldpurpur (Cassius'scher Goldpurpur, pourpre de Cassius, *gold purple*), ein zuerst von Andreas Cassius (welcher 1632 zu Leyden promovirte und später als Arzt in Hamburg lebte) dargestelltes Goldpräparat, welches nach ihm später Purpura mineralis Cassii genannt worden ist und angewendet wird, um Glasflüssen eine Purpurfarbe zu ertheilen. Der Goldpurpur besteht aus Gold, Zinn und Sauerstoff; in welchem Verhältnisse und auf welche Weise diese drei Stoffe in dem Präparat mit einander verbunden sind, ist bis jetzt noch nicht mit Sicherheit ermittelt.

Die Vorschriften einer früheren Zeit zur Bereitung des Goldpurpurs gehen sämmtlich darauf hinaus, eine verdünnte Lösung von Goldchlorid mit Chlorzinn zu fällen, wobei ein dunkelpurpurrother oder brauner Niederschlag

sich bildet, welcher letztere die Glasflüsse nur unvollkommen färbt. Diese Unsicherheit in der Darstellung wurde erst durch N. v. Fuchs beseitigt, welcher nachwies, daß man zum Fällen der Goldchloridlösung weder reines Zinnchlorür noch reines Zinnchlorid, sondern Zinnsesquichlorid (Sn_2Cl_3) anwenden müsse. Man verfährt nach v. Fuchs auf folgende Weise: Man versetzt eine frisch bereitete Lösung von Zinnchlorür mit einer Auflösung von Eisenchlorid, bis letzteres seine Farbe verloren und einen schwachen Stich ins Grünliche angenommen hat:

Zinnchlorür $SnCl$ Eisenchlorid Fe_2Cl_3	geben	Zinnsesquichlorid Sn_2Cl_3 Eisenchlorür $FeCl$

Diese aus Zinnsesquichlorid und Eisenchlorür bestehende Flüssigkeit setzt man nur tropfenweise zur verdünnten Goldauflösung, welche keine freie Salpetersäure enthalten darf. Nach 24 Stunden hat sich ein braunes Pulver abgelagert, das etwas ins Purpurrothe gehend erscheint. Der Niederschlag wird filtrirt und gut ausgewaschen. C. F. Capaun[1]) hat die von v. Fuchs gegebene Vorschrift schärfer zu fassen und dadurch die Darstellung von gutem Goldpurpur zu erleichtern gesucht. Man verdünnt nach ihm eine Lösung von Eisenchlorid (Liquor ferri sesquichlorati der bayerischen und andern Pharmacopöen) mit 3 Th. Wasser und setze zu derselben eine Zinnchlorürlösung, welche aus 1 Th. Zinnchlorür in 6 Th. destillirtem Wasser mittelst einiger Tropfen Salzsäure bereitet ist, so lange zu, bis die Mischung eine grünliche Farbe angenommen hat. Diese Mischung verdünne man noch mit 6 Th. destillirtem Wasser und halte sie zur Anwendung bereit. Mittlerweile übergieße man die zur Verarbeitung bestimmte Menge Gold mit reiner Salzsäure, erhitze zum Sieden und setze nach und nach in kleinen Portionen reine Salpetersäure zu, bis alles Gold aufgelöst ist; ein Ueberschuß an Säure, besonders an Salpetersäure, ist aber zu vermeiden. Diese Auflösung versetze man mit 360 Th. vom Gewicht des angewandten Goldes mit destillirtem Wasser und gieße unter Umrühren von der Eisen-Zinnlösung zu, so lange als noch ein Niederschlag erfolgt. Der Niederschlag wird nach dem Auswaschen und Trocknen eine braune Farbe haben, aber in Ammoniak und in Glasflüssen mit intensiver Purpurfarbe löslich sein. 100 Gewichtstheile Gold geben nach diesem Verfahren 312½ Th. Goldpurpur.

---

[1]) C. F. Capaun, Journ. für prakt. Chem. XXII. S. 152—155.

§. 552.

Wächter[1]) hat zur Darstellung des Goldpurpurs von verschiedenen Farbentönen folgende Vorschriften gegeben: Zu hellerem Goldpurpur löst man 5 Grammen Zinn in Königswasser und verdampft die Lösung im Wasserbade bis zum Festwerden. Man löst den Rückstand in einer kleinen Menge destillirtem Wasser und vermischt die Flüssigkeit mit 2 Grammen Zinnchlorürlösung von 1,7 spec. Gew. Die Zinnsesquichloridlösung wird mit 10 Liter destillirtem Wasser verdünnt und zu der Flüssigkeit eine möglichst neutrale Goldchloridlösung aus 0,5 Grm. Gold gegeben. Die Flüssigkeit nimmt eine dunkelrothe Farbe an. Man setzt 50 Grm. Ammoniak hinzu, woraus sich der Niederschlag abscheidet; wenn nicht, so fügt man einige Tropfen Schwefelsäure hinzu. Der Niederschlag wird schnell durch Decantiren ausgewaschen und mit 20 Grm. Bleifluß aus 2 Th. Mennige, 1 Th. Quarzsand und 1 Th. gebranntem Borax gemengt. Nach dem Trocknen mischt man 3 Grm. kohlensaures Silberoxyd hinzu. Ohne den Zusatz von Silber liefert dieser Purpur eine amaranthrothe Farbe.

Zur Bereitung von dunklem Goldpurpur vermischt man die mit 10 Liter Wasser verdünnte Goldlösung aus 0,5 Grammen Gold mit 7,5 Grm. der Zinnchlorürlösung von 1,7 spec. Gew. und bewirkt das Absetzen des Niederschlages durch Zusatz einiger Tropfen Schwefelsäure. Mit 10 Grm. des oben erwähnten Bleiflusses und 0,5 Grm. kohlensaurem Silberoxyd gemengt erhält man 13 Grm. dunklen Goldpurpur.

Rosa wird nach Wächter auf folgende Weise erhalten: Man löst 1 Grm. Gold in Königswasser, setzt zu der Flüssigkeit eine Lösung von 50 Grammen Alaun in 20 Liter Brunnenwasser, fügt 1,5 Grammen Zinnchlorürlösung von 1,7 spec. Gew. hinzu und darauf so viel Ammoniak, daß alle Thonerde niedergeschlagen wird. Der Niederschlag wiegt nach dem Auswaschen und Trocknen 13,5 Grammen und wird zur Darstellung der Schmelzfarbe mit 2,5 Grm. kohlensaurem Silberoxyd und 70 Grm. Bleiglas gemengt.

§. 553.

Der auf die eine oder die andere Weise dargestellte Goldpurpur erscheint frischgefällt und feucht dunkelbraun. Nach dem Trocknen bei 100° enthält er noch 7,65 Proc. Wasser, welches erst in der Glühhitze vollständig entweicht. Der geglühte Goldpurpur ist von dem bei 100° getrockneten durch die Farbe nicht zu unterscheiden.

[1]) Wächter, Annal. der Chem. und Pharm. LXVIII. S. 116.

Alle Analysen des Goldpurpurs haben gezeigt, daß derselbe aus Gold, Zinn und Sauerstoff besteht; nur weichen die erhaltenen Resultate beträchtlich von einander ab.

Es enthält der Goldpurpur:

	Gold.	Zinnoxyd.
nach N. v. Fuchs	17,87	82,13
„ Berzelius	30,725	69,275
„ Gay-Lussac	30,89	69,11
„ Buisson	30,19	69,81
„ Oberkampf (purpurrother Niederschlag)	39,82	60,18
„ „ (violetter „)	20,58	79,42.

Die Constitution des Goldpurpurs ist noch nicht ermittelt. Einige Chemiker sind der Ansicht, der Goldpurpur bestehe aus metallischem Gold und Zinnoxyd (Zinnsäure), andere meinen, es sei derselbe aus oxydirtem Gold und einer Oxydationsstufe des Zinnes zusammengesetzt, welche weniger Sauerstoff enthält als das Zinnoxyd. Da jedoch Quecksilber aus dem Goldpurpur kein Gold aufnimmt, eine Verbindung eines Metalles mit einem Metalloxyde kaum angenommen werden kann, so ist es, bis neuere Untersuchungen den Gegenstand aufgeklärt haben werden, am einfachsten, den Goldpurpur als eine Verbindung von oxydirtem Gold mit oxydirtem Zinn zu betrachten. Th. Scheerer hält die Combination AuO_2, Sn_2O_3 für die Zusammensetzung des Goldpurpurs für die wahrscheinlichste. Nach dieser Formel müßte der Goldpurpur 39,68 Proc. Gold enthalten, eine Quantität, welche nur Oberkampf in einem, wahrscheinlich nicht gehörig zubereiteten Goldpurpur fand. Aus den Untersuchungen zuverlässiger Analytiker geht hervor, daß ein normaler Goldpurpur in 100 Theilen

Gold	30	Th.
Zinn	54,9	„
Sauerstoff	15,1	„

enthält.

Man erhält Goldpurpur beim Behandeln goldhaltiger Kupfer-Zinnlegirung mit Salpetersäure (so bleibt beim Digeriren von altgriechischen Bronzemünzen mit Salpetersäure das Zinnoxyd durch Spuren von Gold roth gefärbt zurück). Setzt man zu Goldchloridlösung, Antimon- oder Wismuthchlorid und darauf etwas Zinnchlorür oder salpetersaures Quecksilberoxydul, so bildet sich ein purpurrother Niederschlag, welcher eben so wie der Purpur des Cassius zum Purpurrothfärben des Glases angewendet werden kann.

Sechster Abschnitt.

Einige specielle Metallfabrikationen.

Die Münzfabrikation.

§. 554.

Einleitung.

Mit dem Namen Geld bezeichnet man das allgemeine Umlaufsmittel, das im Güterverkehre alle übrigen Güter repräsentirt. Es wird von Jedem darum als willkommener Gegenwerth angenommen, weil man der Ueberzeugung ist, daß es von Anderen gleichfalls wieder angenommen wird. Als das Bedürfniß eines allgemeinen Umlaufsmittels sich geltend machte, verfielen die Völker zuerst auf mannigfache Gegenstände, aber stets auf solche, die einen allgemein anerkannten Werth besaßen. Im Allgemeinen pflegen die minder cultivirten Völker besonders solche Güter, welche ein grobes und dringendes Bedürfniß befriedigen, als Tauschmittel zu verwenden; bei fortschreitender Civilisation erheben sie sich nach und nach zu werthvolleren, dem feineren Bedürfnisse dienenden Gegenständen. Rohe Ackerbaustämme und Nomadenvölker bedienen sich gewöhnlich des Viehes als Geld, Jägerstämme der Thierfelle. An der Hudsonsbay ist noch heutzutage das Biberfell als Tauschwerkzeug im Gebrauch und jenseit des Alleghany-Gebirges wurden noch bei Beginn des laufenden Jahrhunderts Felle an Zahlungsstatt angenommen.

Der Gebrauch der Kauris (Cypraea moneta; *cowry-shell*) in Vorder- und Hinterindien, West- und Südafrika 2c. als Geld, namentlich als Scheidemünze, gründet sich auf ihre Anwendbarkeit als Schmuck, ihre große Gleichförmigkeit und die Seltenheit des Kupfers, das außerdem geeigneter als Scheidemünze sein würde. Im Innern von Afrika vertreten Salzbarren die Stelle des Metallgeldes, in Hochasien und Sibirien Theeziegel, im persischen Dattellande Datteln, bei den alten Mexicanern Cacaobohnen, am obern Amazonenstrom Wachskuchen, in der Nähe der portugiesischen Besitzungen Elfenbein, im englischen Westindien Zucker, in Maryland und Virginien Tabak, auf Newfoundland Stockfische,

in einer schottischen Stadt sogar Nägel. Die Völker, welche vom Gebrauche der Metalle als Tauschwerkzeug keine Kenntniß gehabt haben, machten sich demnach eine Münze aus denjenigen von ihren Waaren, welche die zu diesem Zwecke erforderlichen Eigenschaften in hohem Grade vereinigten, nämlich 1) so getheilt werden zu können, daß sie zu dem kleinsten Tausche passen und 2) sich ohne Kosten und Verlust eine Zeit lang erhalten zu können.

§. 555.

Daß man die Metalle weit später erst als Geld benutzt hätte, als die vorstehend erwähnten Gegenstände, und die edlen Metalle wieder später als die unedlen, läßt sich — nach Roscher — nicht überall nachweisen. In einzelnen Ländern finden sich die edlen Metalle — Gold und Silber — im gediegenen Zustande, so daß ihre Gewinnung eine fast mühelose ist; beide Metalle befriedigen ferner ein allgemeines und lebhaftes Bedürfniß, nämlich das der Eitelkeit, so daß dieselben bereits in den ältesten Perioden der Geschichte der Völker als Tauschwerkzeug auftreten. Die Hebräer hatten es sehr früh, die Athener schon zu Solon's Zeit, die Römer seit Servius Tullius.

Herodot schreibt die Erfindung der Gold- und Silbermünzen den Lydiern zu.

Obgleich eine nicht geringe Anzahl von Metallen sich zur Verwendung als Tauschwerkzeug eignen würden, so sind doch von jeher nur Gold, Silber und Kupfer die Metalle gewesen, welche man zum Vermünzen angewendet hat, unter diesen erhielten die beiden ersten den Vorzug, die auch in der That das geeignetste Material für Münzen abgeben, weil sie unläugbar die meisten Vortheile in sich vereinigen. Diese Vortheile sind: 1) ihre elementare Beschaffenheit und Gleichartigkeit. Gold und Silber lassen sich nicht zersetzen und nicht zusammensetzen. Ein Kilogramm Gold und Silber ist einem zweiten Kilogramm des nämlichen Metalles gleich und kann an dessen Stelle treten; 2) ihre Härte und Dauerhaftigkeit, in deren Folge die daraus hergestellten Münzen beim Gebrauch nur eine geringe Abnutzung erleiden, und sich ohne Verminderung ihres Werthes aufbewahren lassen und durch Einwirkung von Wasser, Luft und selbst starker Hitze nur unter gewissen Bedingungen Schaden leiden; 3) ihre Dehnbarkeit und Leichtschmelzbarkeit, wodurch nur die Umwandelung von rohem Gold und Silber in Münzen durch Schmelzen, Walzen und Prägen möglich wird. Die genannten Metalle können in beliebig kleine Theile getheilt werden und diese Theilung verringert ihren Werth nicht, wie sie den Werth eines Diamanten verringert, da man die Theile des Metalles durch Einschmelzen wieder zu einem Ganzen vereinigen kann, ohne daß beim Umgestalten etwas verloren geht; 4) ihr Metallglanz und ihr hohes specifisches Gewicht. In dem Raume eines Liters,

welcher von 1 Kilogr. Wasser ausgefüllt wird, lassen sich 19 Kilogramm Gold und $10^1/_2$ Kilogr. Silber aufbewahren; 5) der Umstand, daß der Werth dieser Metalle, obwohl er sich verändert, keinen plötzlichen und großen Veränderungen ausgesetzt ist; 6) besteht auch noch ein Vortheil der edlern Metalle darin, daß ihr wahrer Werth oder Gehalt für Jedermann leicht zu erkennen ist, daß sie ferner über die ganze Erde verbreitet sind und man in ihnen ein allgemeines Tauschwerkzeug besitzt, welches jeder Mensch gern annimmt und welches unzweifelhaft allen Producenten eines jeden Landes, deren Producte man kaufen will, ansteht.

Ein Nachtheil der Anwendung der edlern Metalle als Geld besteht darin, daß sie der Verfälschung leicht ausgesetzt sind; der unter 6) angeführte Vortheil, daß der wahre Werth oder Gehalt dieser Metalle für Jedermann leicht zu erkennen sei, ist darum in der That erst ein wirklicher, wenn jedem als Geld umlaufenden Geldstücke von einer anerkannten Autorität eine Bürgschaft über seinen wahren Gehalt beigegeben ist, welche im Gepräge liegt, durch welches das Gewicht und der Feingehalt beglaubigt werden und das erst den Begriff der Münze schafft [1]).

Auch das Platin trat für kurze Zeit mit in die Reihe der zu Münzen verwendeten Metalle, und in der That besitzt es gewisse für ein Tauschwerkzeug erforderliche Eigenschaften eben so gut, einige, wie z. B. die Schwerzerstörbarkeit, sogar in noch höherem Grade als Silber und Gold. Dagegen ist seine Formbarkeit und folglich auch der selbständige Gebrauchswerth sehr gering; es sind demnach auch die Prägungskosten sehr hoch. Die ausgleichende Anfertigung bald von Geräthen u. s. w., bald von Münzen, würde sowol hierdurch erschwert werden, als auch durch die geringe Schönheit des Platins, das sich deshalb zum Luxusgebrauche nicht wol eignet, obgleich sein Preis fünfmal so hoch ist als der des Silbers. Unter diesen Umständen ist die Seltenheit des Platins ein großes Bedenken, da durch die Entdeckung größerer Quantitäten dieses Metalls der Preis plötzlich gar sehr herabgedrückt werden könnte. Es wird demnach nicht leicht Jemand geneigt sein, Platingeld um die dermalige Werthung anzunehmen, es sei denn, daß der Staat, welcher es ausgiebt, die jeweilige Einlösung verspräche. Kann es aber nur unter dieser Bedingung circuliren, so ist es kein wahres Geld und leistet in der That nur, was ein Creditschein, eine Banknote leistet und in diesem Falle ist bekanntlich der innere Werth des Materials bedeutungslos [2]). Die seit dem Jahre 1828 circulirenden Platinmünzen waren des-

[1]) Karmarsch, Beitrag zur Technik des Münzwesens, Hannover 1856, S. 11.
[2]) Bernoulli, Handbuch der Technologie, Basel 1840, Bd. I. S. 227.

halb in der Handelswelt gewöhnlich unterschätzt; es wurde daher schon 1845 die weitere Prägung von Platingeld wieder eingestellt und das ausgegebene seitdem zurückgezogen.

§. 556.

Die edeln Metalle finden zu Münzen nur in mit Kupfer legirtem Zustande Anwendung; obgleich ein in jeder Hinsicht triftiger Grund für das Versetzen der edlen Metalle mit Kupfer, wenn es sich um die Herstellung von Münzen handelt, nicht vorhanden ist, so lassen sich doch folgende Ursachen anführen, welche die Versetzung der Münzmetalle mit Kupfer veranlaßt haben:

1) Täuschung von Seiten der Regierung oder Unglücksfälle, indem man den Feingehalt der Münzen bald aus Gewinnsucht, bald aus Noth verminderte. Absichtliche Täuschung war ohne Zweifel die Ursache der Münzverschlechterung unter den alten römischen Kaisern. Analysen von Feneulle und Walchner[1]), und Girardin[2]) haben in römischen Silbermünzen folgenden Silbergehalt (Feingehalt) in der Mark nachgewiesen:

Vespasianus	12,8 — 14,4 Loth.
Domitian	13,8 — 14,9 „
Trajan	13,6 — 14,2 „
Hadrianus	12,9 — 14,1 „
Antoninus Pius	11,2 — 14,6 „
Marcus Aurel	10,1 — 12,7 „
Commodus	10,7 — 12,7 „
Septimius Severus	8,9 „
Caracalla	8,2 „
Eliogabal	8,1 „
Gordianus	4,5 „

Später stellte man sogar die Münzen aus reinem und nur mit einem dünnen Silberüberzuge versehenen Kupfer dar. Deutschland hat gleichfalls Beispiele von Münzverschlechterung aufzuweisen; das bekannteste sind ohne Zweifel die von Friedrich dem Großen während der Besetzung der sächsischen Lande zu Leipzig geschlagenen Münzen, welche von dem Israeliten Ephraim mit dem Stempel von 1753 und dem sächsisch-polnischen Wappen geprägt wurden. Die im Jahre 1758 geschlagenen mit der Jahrzahl 1753 versehenen Augustd'or haben nur einen Werth von beiläufig 2 Rthlr. Die feine Mark Silber wurde in den Jahren 1757 und 1758 für 19 bis 24 Thaler, in dem Jahre 1759 für 25 bis 30 Thaler, in den Jahren 1760 und 61 für 33 Thaler, für die Fabrikation der sogenannten Dresdner

[1]) Feneulle und Walchner, Journ. für techn. und ökonom. Chemie I. S. 227.

[2]) Girardin, Journ. für prakt. Chem. LX. S. 92.

Doppelgroschen sogar für 40 bis 45 Thaler ausgebracht[1]). Gegenwärtig ist eine derartige Münzverschlechterung in Folge der allgemeinen Verbreitung chemisch-analytischer Kenntnisse nicht wol möglich.

§. 557.

2) Die Thatsache, daß mit Kupfer versetztes Silber und Gold wegen der größeren Härte weniger der Abnutzung unterliege, als Feinsilber und Feingold, mag allerdings ein Hauptgrund für den Kupferzusatz gewesen sein, indessen sind die Forderungen der Schönheit, eines nicht zu großen Formates bei den Stücken höherer Werthabstufungen und die Ersparung des unnöthig zugesetzten Kupfers nicht unbeachtet zu lassen. Daß der Kupferzusatz den Münzen ein größeres Format gebe, dieser Grund kann höchstens bei den Scheidemünzen Geltung haben, obgleich füglich auch, wie es längst in Frankreich und England der Fall ist, die Scheidemünzen aus Kupfer geprägt werden könnten.

Gegen das Versetzen des Silbers mit größeren Mengen von Kupfer sprechen die vermehrten Kosten und das vermehrte Gewicht. In ersterer Hinsicht ist es klar, daß, da beim Ausprägen eines Pfundes Silber zu 30 Thalerstücken ein jedes Stück zu gleichem Werthe umläuft, gleichviel ob dasselbe aus Feinsilber oder aus mit Kupfer versetztem Silber besteht, der Kupfergehalt umsonst gegeben wird. Dieser Kupfergehalt kann sogar nachtheilig sein, wenn die Münzen eingeschmolzen und zu Zwecken verwendet werden sollen, wobei ein größerer Feingehalt erforderlich ist. Wenn man in Erwägung zieht, daß 100 Thlr. aus $8^1/_3$löthigem Silber (in $^1/_6$ Stücken) 6 Pfund $27^3/_7$ Loth, und aus 12löthigem etwas über 4 Pfund 24 Loth wiegen, während dieselben aus 14löthigem Silber nicht ganz 4 Pfund $2^2/_3$ und von Feinsilber nur 3 Pfund $18^2/_7$ Loth wiegen würden, so ist es einleuchtend, daß der zu große Kupferzusatz die Unbequemlichkeit des Umlaufs und die Transportkosten erhöht.

Ueber die in der Schweiz angewendete Nickellegirung als Scheidemünzmetall ist §. 217 Seite 214 das Nöthige gesagt worden.

In Frankreich und in der Schweiz wendet man seit 6—8 Jahren auch das Kupfer und zwar mit Zinn und Zink (95 Th. Kupfer, 4 Th. Zinn und 1 Th. Zink) legirt an und zwar weniger um es wohlfeiler zu machen, als vielmehr es härter und dauerhafter zu machen. Diese Legirung ist von röthlichgelber Farbe (Karmarsch).

[1]) Praun, Münzwesen, Leipzig 1789, S. 164; J. Leitzmann, Geschichte der Münzkunde, Erfurt 1828, S. 224.

§. 558.

Münze.

Nur im großen Handelsverkehre, insbesondere bei Zahlungen in ein anderes Land, welches die Münzsorten des Zahlenden nicht höher annehmen würde als ungeprägtes Metall, werden Gold- und Silberstangen (Barren, lingots, *ingots*, *bullion*), welche gestempelt sind und nur gewogen werden müssen, als Zahlung gebraucht. In allen andern Fällen wendet man hiezu Metallstücke von regelmäßiger und kreisrunder Form und bestimmtem Gewichte an — Münzen — deren richtige Beschaffenheit durch das Gepräge garantirt ist. Die übliche kreisförmige Gestalt der Münzen empfiehlt sich durch Bequemlichkeit, Schönheit und auch dadurch, daß ihre Randfläche geringer ist, als sie bei nicht kreisrunden Stücken sein würde. Das Verhältniß zwischen Durchmesser und Dicke der Münzen ist gleichfalls nicht ohne Wichtigkeit. Es ist bekannt, daß von diesem Verhältnisse die Größe der Oberfläche, von dieser aber die Größe der Abnutzung abhängt. Die Stereometrie lehrt zwar, daß ein Cylinder für vorgeschriebenen Kubikinhalt die kleinste Gesammtoberfläche in dem Falle besitzt, in welchem Durchmesser und Höhe gleich sind. Demnach würde man den Münzen, um sie möglichst zu schützen, eine dem Durchmesser gleiche Dicke geben müssen. Wenn nun auch der mathematische Satz eine directe Anwendung nicht zuläßt, so lehrt er doch, daß man eine zu geringe Dicke zu vermeiden habe, weil man schon durch eine geringe Annäherung an die mathematische Forderung viel gewinnt. Eine Untersuchung der neueren und schönsten Münzsorten zeigt, daß deren Dicke sich zum Durchmesser verhält

bei	wie
Goldmünzen	1 : 20
Silbermünzen, kleinen	1 : 19 bis 21
Silbermünzen, mittleren,	1 : 17 bis 18
Silbermünzen, großen	1 : 14 bis 15
Kupferstücken	1 : 15 bis 16.

Der Durchmesser der wichtigeren Münzsorten beträgt in Millimetern ausgedrückt:

Vereins-Doppelthaler		41	Sechstelthaler	23
Vereinsthaler		33	Silbergroschen	18,4
Süddeutscher Doppelgulden		36	Fünffrankenstück	37
„	Gulden	30	Zweifrankenstück	27
„	Halbgulden	24	Franken	23
Zwanziger	alte	26,5	Engl. Schilling	23,7
	neue	22		

Bei zwei Münzstücken, deren Gewichte wie 2 : 1 sind, müssen die Durchmesser sich verhalten wie 1 zur Kubikwurzel aus 2, d. h. wie 1 : 1,2599.

§. 559.

Das Verhältniß des Werthes zwischen Gold und Silber bleibt eben so wenig gleich als das irgend zweier anderer Verkehrsgegenstände. Im Alterthume und im Mittelalter galt das Gold ungefähr der 10 — 12fachen Gewichtsmenge Silber gleich; gegenwärtig gilt es ungefähr das 15fache des Silbers. Es ist deshalb unmöglich, den Werth einer Goldmünze auf die Dauer in Silbergeld festzustellen. Circulirten in einem Lande Gold- und Silbermünzen unabhängig von einander und wären dieselben gleichmäßig als Umlaufsmittel anerkannt, so würde eine Verwirrung unvermeidlich sein. Bei jedem Geschäft müßte festgestellt werden, in welchem Metalle der Preis zu verstehen sei, und es wären in der That zwei Preismaße vorhanden. Zur Vermeidung derartiger Unbequemlichkeiten hat man entweder das Eine Metall als gesetzliches Zahlungsmittel bestimmt, oder wenn Gold und Silber als gesetzliches Zahlungsmittel gelten sollen, so hat man zwischen beiden ein gewisses Preisverhältniß festzusetzen gesucht. Hätte man in allen Ländern gleichmäßig das Eine Metall zum gesetzlichen Zahlungsmittel bestimmt, so würde die umlaufende Geldmenge aus demselben bestehen und die aus dem andern Metalle geprägten Münzen würden wie alle anderen Waaren Preisveränderungen unterliegen. Sie würden im Werthe sinken, wenn ihre Menge sich vermehrte. Nähmen aber die zum gesetzlichen Preismaße erklärten Münzen zu, so würde sofort eine Steigerung aller Preise eintreten. Daraus folgt, daß ein Land nur das eine der beiden Metalle als gesetzliches Zahlungsmittel, als Preismaß (Währung, Valuta) anwenden kann. In Staaten mit Goldwährung (Großbritannien und die Vereinigten Staaten von Nordamerika) werden alle bedungenen Preise auf Goldmünzen bezogen und alle größeren Zahlungen in jenen geleistet, so daß das Silbergeld nur die Rolle der Theilmünzen für Ausgleichungen und für kleinere Zahlungen spielt. In den Ländern mit Silberwährung (fast alle europäische Länder) ist der Preis der Goldmünzen in jedem einzelnen Falle von der Uebereinkunft der Betheiligten abhängig. In Staaten einer vermischten Währung (Frankreich) stehen Gold- und Silbermünzen in einem festen Preisverhältniß zu einander. Ist der im Weltverkehre herrschende Preis verschieden von dem Landespreise, so wählt man zu Zahlungen dasjenige Metall, das man sich wohlfeiler verschaffen kann.

§. 560.

Es ist die Aufgabe der Münzkunst (monnayage, *coinage*, *minting*), das bestimmte Metall oder die Legirung zu Münzen von genau bestimmtem Gewichte und Gehalte auszuprägen. Das Gewicht der Münze heißt ihr Schrot (Bruttogewicht), das Gewicht des darin enthaltenen Feinsilbers oder Feingoldes ihr Korn (Feingewicht). Weil es jedoch schwierig ist, den Münzen absolut genau das vorgeschriebene Schrot und Korn zu geben, so hat man den Münzbeamten eine gewisse geringe Abweichung von denselben gestattet, so daß ein Stück, welches nur um diesen Betrag zu viel oder zu wenig Feingehalt hat, noch umlaufsfähig bleibt. Dieser erlaubte Fehler, das Remedium (Toleranz, Fehlergränze, Münznachsicht, tolérance, remède) kann sowol am Schrot (tolérance de poids) als am Korne (tolérance d'aloi) stattfinden. Das Remedium muß so niedrig sein, als es der jedesmalige Stand der Münzkunst erlaubt, und verringert werden, sobald die Fortschritte der Technik es möglich machen. Das Remedium muß, seiner Bestimmung gemäß, immer nur eine erlaubte Fehlergränze bleiben; es dürfen aber nicht, wie es früher mißbräuchlich geschehen ist, die Stücke zum Vortheil der Münzkasse um das Remedium zu geringhaltig gemacht werden, wodurch der mittlere Feingehalt derselben unter den gesetzlichen gebracht wird — ein Mißbrauch, für den man den Ausdruck gebraucht hat: chatouiller le remède. Die zu schweren Münzen gaben früher zu einem eignen Gewerbe (dem Kippern und Wippern) Veranlassung; man suchte solche Münzen auf und befeilte sie. Die Kosten, welche das Schmelzen der Metalle, so wie das Ausprägen zu Münzen veranlassen, deckte man früher dadurch, daß man den Feingehalt der Münzen etwas niedriger machte, als er nach dem angenommenen Münzfuße sein sollte. Gegenwärtig bringt man die Kosten der Ausbringung zwischen dem Ankaufspreise des rohen Metalles und dem Werth der daraus geprägten Münzen auf.

Die Differenz zwischen dem Feingehalte der Münze und dem landesüblichen Münzfuße nennt man den Schlag- oder Prägeschatz (rendage, *mintage*). Bei der Ausprägung von Scheidemünzen findet ein sehr bedeutender Schlagschatz statt, und nicht nur ein Ersatz der Kosten, sondern auch ein Gewinn, welcher bis über 70 Proc. betragen kann. Da die Scheidemünzen außerdem meist ein schlechtes, leicht nachzuahmendes Gepräge besitzen, so ist es erklärlich, warum die Engländer sich mit der Fabrikation (Falschmünzerei) von deutschen Scheidemünzen befassen.

§. 561.

Mit dem Namen **Münzfuß** bezeichnet man das beim Ausmünzen beobachtete Korn und Schrot der Geldstücke, namentlich das Verhältniß des Feingehaltes der einzelnen Geldstücke zu der Einheit des Landes- oder eines angenommenen Münzgewichtes.

Bis zum Jahre 1857 unterschied man in Deutschland **drei Münzfüße**:

1) den **14 Thalerfuß** (Preußen, Hannover, Sachsen, Kurhessen, Oldenburg, zum Theil die thüringischen Staaten);

2) den **24 1/2 Guldenfuß** (Bayern, Württemberg, Baden, Großherzogthum Hessen, Nassau, Frankfurt rc.);

3) den **20 oder Conventions-Guldenfuß** (Oesterreich).

In Deutschland war bis zum Jahre 1857 die **kölnische Mark** oder **Vereinsmark** (= 233,855 Gramm) das Münzgewicht. Die feine Mark Silber (vergl. §. 218, Seite 215) liefert

nach dem 14	Thalerfuße	14 Thaler
nach dem 24 1/2	Guldenfuße	24 1/2 Gulden oder 49 halbe Gulden,
nach dem 20	Guldenfuße	20 Conventionsgulden.

In den Thalerstaaten war bisher der Thaler 12löthig, das Sechstelstück 8 1/3löthig; zu der Scheidemünze wurde die feine Mark Silber zu 16 Thalern (= 28 Gulden Rheinisch) ausgebracht. Die Doppel-, Einfach- und Halbguldenstücke der süddeutschen Staaten waren 14 2/5löthig, zu der Scheidemünze (3 und 6 Kreuzerstücke) wurde die feine Mark Silber zu 27 Gulden ausgeprägt.

§. 562.

Nach dem **Wiener Münzvertrage** vom 24. Januar 1857 gelten gegenwärtig in allen deutschen und österreichischen Staaten folgende Bestimmungen.

1. Das Pfund (1/2 Kilogramm = 500 Gramm) dient der Ausmünzung zur Grundlage.

2. Mit Festhaltung der reinen Silberwährung und auf der Grundlage des neuen Pfundes wird die Münzverfassung der betheiligten Staaten in der Art geordnet, daß, je nachdem in denselben die Thaler- oder Guldenrechnung eingeführt ist, entweder der **30 Thalerfuß** (an Stelle des bisherigen 14 Thalerfußes) zu 30 Thalern aus dem Pfunde Feinsilber, oder der **45 Guldenfuß** zu 45 Gulden aus dem Pfunde Feinsilber und der **52 1/2 Guldenfuß** (an Stelle des bisherigen 24 1/2 Guldenfußes) zu 52 1/2 Gulden aus dem Pfunde Feinsilber, als Landesmünzfuß gelten wird.

3. In Preußen, Sachsen, Hannover, Kurhessen, Oldenburg rc. ist

der 30 Thalerfuß, in Oesterreich der 45 Guldenfuß, in Bayern, Württemberg, Baden, dem Großherzogthum Hessen, Sachsen-Meiningen, Sachsen-Coburg, Nassau, Frankfurt ꝛc. der 52½ Guldenfuß als Landesmünzfuß und Grundlage der gesetzlichen Landeswährung anzusehen. Unter Münzen der Thalerwährung sind die des 30 Thalerfußes, der österreichischen Währung die des 45 Guldenfußes, der süddeutschen Währung die des 52½ Guldenfußes zu verstehen.

4. Der Feingehalt wird nicht mehr wie früher in Lothen, sondern wie in Frankreich und England in Tausendtheilen ausgedrückt; bei der Bestimmung des Feingehaltes der Silbermünzen wird die Probe auf nassem Wege (§. 220, Seite 216) angewendet.

5. Das Mischungsverhältniß der Vereinsmünzen ist

900 Silber,
100 Kupfer.

Es werden demnach 13½ doppelte oder 27 einfache Vereinsthaler ein Pfund wiegen. Die Abweichung im Mehr oder Weniger darf im Feingehalte nie mehr als drei Tausendtheile, im Gewicht aber bei den einzelnen Vereinsthalern nie mehr als vier Tausendtheile seines Gewichtes betragen.

6. Die Silberscheidemünze wird nie nach einem leichtern Münzfuße als 34½ Thaler in Thalerwährung, 51¾ Gulden österreichischer Währung und 60⅜ Gulden süddeutscher Währung ausgeprägt[1]). Bei Ausprägung der Kupferscheidemünze wird das Nennwerthverhältniß von 112 Thalern in Thalerwährung, 168 Gulden österreichischer Währung und 196 Gulden süddeutscher Währung für einen Zollcentner Kupfer niemals überschritten. Niemand darf in den vertragenden Staaten genöthigt werden, eine Zahlung, welche den Werth der kleinsten groben Münze erreicht, in Scheidemünze anzunehmen.

7. Es werden Vereinshandelsmünzen in Gold unter der Benennung Krone und Halbe Krone ausgeprägt und zwar 1) die Krone

---

[1]) Nach dem preußischen Gesetz vom 4. Mai 1857 über das Münzwesen enthalten 414 Zweiundeinhalb-Silbergroschenstücke, 1035 Silbergroschenstücke, 2070 Einhalb-Silbergroschenstücke je ein Pfund Feinsilbers. Der Feingehalt der Zweiundeinhalb-Silbergroschenstücke ist

375 Silber
625 Kupfer,

der Silber- und Einhalb-Silbergroschenstücke

220 Silber
780 Kupfer.

Es werden demnach 155,25 Zweiundeinhalb-Silbergroschenstücke, 227,70 Silbergroschenstücke und 455,40 Einhalb-Silbergroschenstücke je ein Pfund wiegen.

zu $^1/_{50}$ des Pfundes (= 10 Gramm) Feingold, 2) die Halbe Krone zu $^1/_{100}$ des Pfundes (= 5 Gramm) Feingold. Das Mischungsverhältniß dieser Goldmünze ist

900 Gold,
100 Kupfer.

Es werden demnach 45 Kronen und 90 Halbe Kronen ein Pfund wiegen. Die Abweichung (Remedium) im Mehr oder Weniger darf im Feingehalt nicht mehr als zwei Tausendtheile, im Gewicht bei dem einzelnen Stücke nicht mehr als zwei und ein halb Tausendtheile seines Gewichts betragen.

§. 563.

In Frankreich prägt man aus einem Kilogr. Silber von $^{900}/_{1000}$ 200 Franken (= $222^2/_9$ Franken aus einem Kilogr. Feinsilber), in England aus einem Troy-Pound (=373,248 Gramm) Silber von $^{925}/_{1000}$ 66 Schilling, aus einem Troy-Pound Feinsilber $71^{13}/_{37}$ Schilling Feinsilber.

Das Gepräge der Münzen soll 1) nach dem Grundbegriffe des Geldes die Garantie eines bestimmten Gehaltes an edlem Metalle ausdrücken und ferner den Nennwerth bezeichnen, unter welchem die Stücke circuliren sollen, 2) die Oberfläche in der Weise schützen, daß ein Beschaben, Beschneiden oder Befeilen der Oberfläche nicht ohne sichtbare Verletzung derselben möglich ist. Bezüglich des ersten Punktes ist es nothwendig, daß das Gepräge vollständig und deutlich, hinsichtlich des zweiten Punktes, daß es genügend deckend sei. Anderweite erforderliche Eigenschaften sind Dauerhaftigkeit, Schönheit und künstlerische Ausführung. Obgleich Uebereinstimmung zwischen den Geprägen aller Sorten eines Münzsystems stattfinden soll, so müssen doch charakteristische Verschiedenheiten auf solchen Stücken angebracht sein, welche bei ähnlicher Größe und verschiedenem Werthe mit einander verwechselt werden könnten[1]).

Man unterscheidet an der Oberfläche einer Münze die beiden kreisrunden Flächen: Avers (Vorder-, Bild-, Kopf-, Hauptseite, effigie, *obverse*) und Revers (Schrift-, Kehr-, Rück-, Wappenseite, revers, *reverse*) und die cylindrische Umfläche als den Rand (tranche, *edge*).

§. 564.
Fabrikation der Münzen.

Die einzelnen Arbeiten, aus welchen die Fabrikation der Münzen besteht, sind:

[1]) Vergl. K. Karmarsch, Technik des Münzwesens, Hannover 1856. S. 51.

1) das Schmelzen der Legirung,
2) das Gießen in Barren,
3) das Verwandeln der Barren in Bleche durch Strecken,
4) das Ausschneiden der Münzscheiben aus den Blechen,
5) das Justiren der Scheiben,
6) das Sieden und Beizen derselben,
7) das Rändeln, eine Arbeit, die häufig mit
8) dem Prägen zusammenfällt.

§. 565.

Das Schmelzen und Gießen der Legirung.

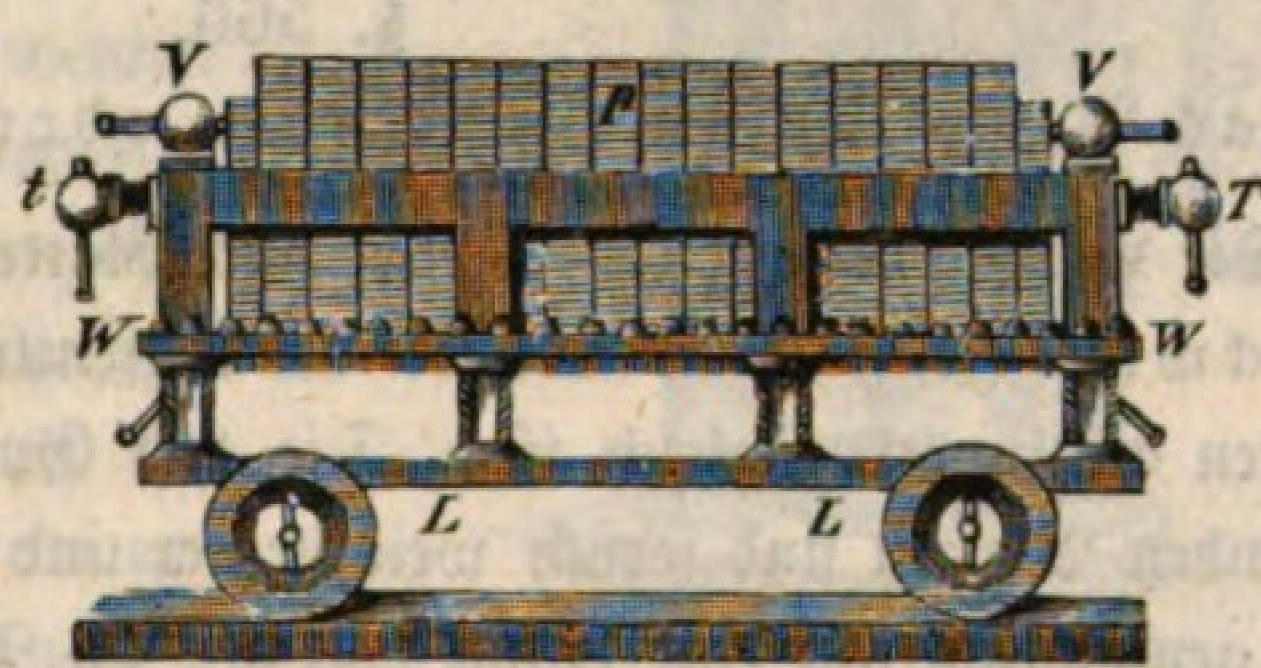
Die aus Silber und Kupfer, oder aus Gold und Kupfer zusammengesetzte Legirung wird in der Regel in Passauer Graphittiegeln in Windöfen, welche mit Koks oder Holzkohlen geheizt werden, bei großem Betriebe in guß- oder schmiedeeisernen Tiegeln, welche 200 bis 250 Kilogramm Metall fassen, geschmolzen. Zum Schmelzen des Goldes wendet man Thontiegel an, welche 25—75 Kilogr. fassen. Das Metall wird erst, wenn der Tiegel glühend ist, eingetragen, weil man dann etwa vorhandene Risse im Tiegel leichter wahrnimmt. Nach vollständiger Schmelzung, während welcher das Metall, um es vor der Orydation zu schützen, mit Kohlenpulver bedeckt war, wird die Legirung mit einem eisernen Stabe gut umgerührt und probirt. Zu diesem Zwecke wird eine kleine Menge mit einem eisernen, mit Lehm bestrichenen Löffel herausgenommen (prendre la goutte) und von dem Münzwardein auf die Richtigkeit des Korns geprüft. Hat die Schmelzprobe das gewünschte Resultat gegeben, so schreitet man zum Gießen von **Zainen** oder **Platten**. Erstere haben eine Länge von 15—24 Zoll, eine Dicke von 2—4 Linien und eine Breite, welche etwas größer ist, als der einfache oder doppelte Durchmesser der herzustellenden Münzen, je nachdem eine Reihe oder zwei Reihen Scheiben aus den Zainen geschnitten werden sollen. Gewöhnlich wendet man eiserne Formen (Eingüsse, lingotières, *frames*) an. Jede solche Form besteht aus zwei durch ein Charnier mit einander verbundenen Hälften, die Rinnen bilden, deren Höhlungen genau auf einander passen. Hat man beide Hälften zusammengebracht, so kann man das hineingegossene Metall nach dem Erkalten leicht wieder als einen Zain von der Gestalt der Höhlungen herausnehmen. Scheidemünzmetall, welches in eisernen Formen zu spröde und deshalb bei dem nachfolgenden Strecken Kantenrisse erhalten würde, gießt man in Sandformen (Seite 231); man drückt ein eisernes Lineal von der Gestalt und Größe des herzustellenden Zaines in den Formsand und gießt die Legirung in die dadurch gebildete Form.

In England wendet man allgemein den Plattenguß an; d. h. man gießt breite Platten, welche nach dem Strecken mit Hülfe einer Circularsäge in Streifen von der erforderlichen Breite zerschnitten werden. Man verfährt hierbei auf folgende Weise: Die zum Schmelzen des Metalles angewendeten Tiegel (Fig. 107) sind von Gußeisen und mit dem Ausguß a und den beiden Handhaben b c versehen. Die Gießmaschine (Fig. 108) besteht aus einem

Fig. 107.

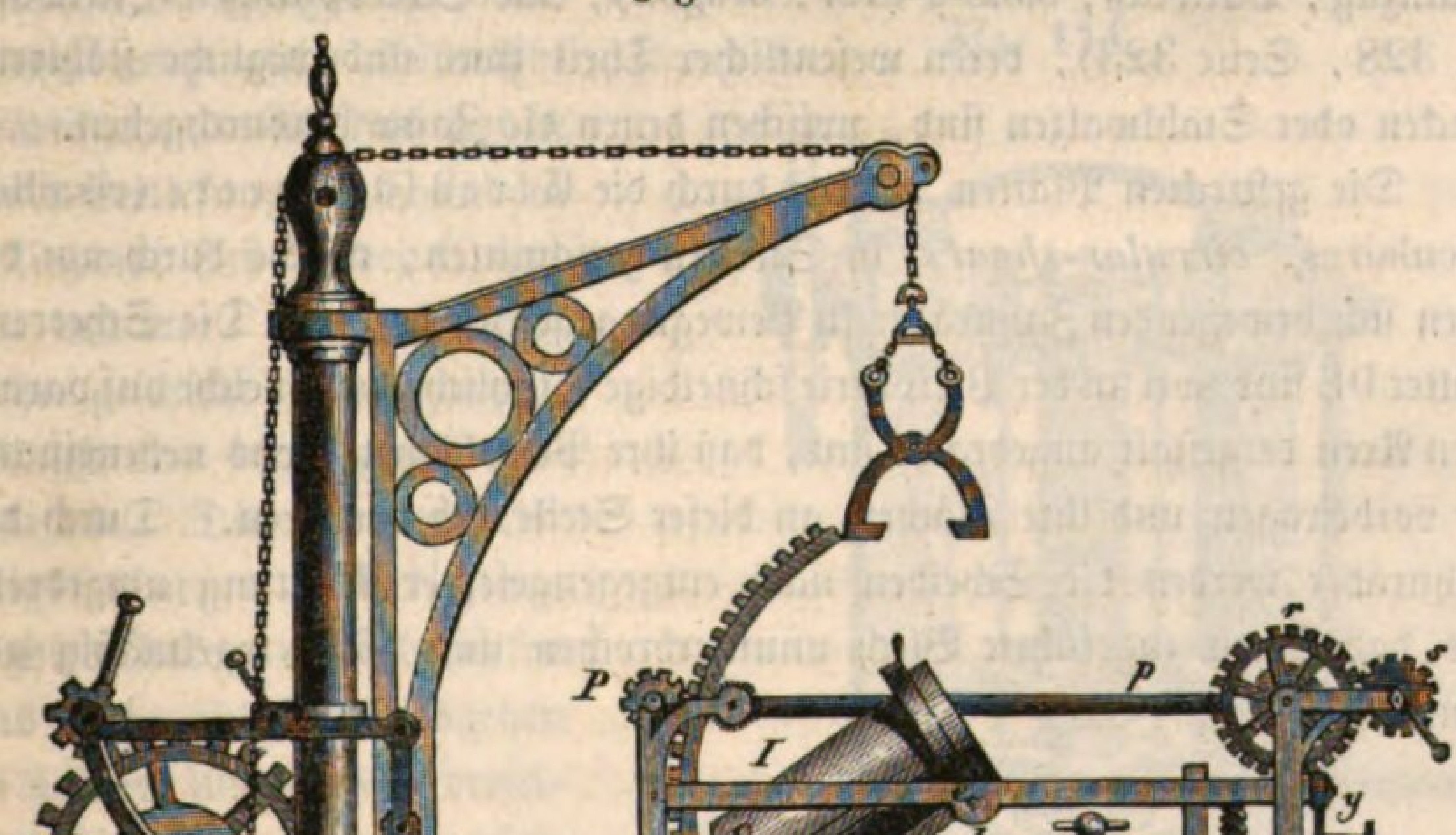


Fig. 108.



kleinen, auf einer Eisenbahn stehenden Wagen, in welchem die Eingüsse P mit Hülfe der Schrauben T t befestigt und auf einander gepreßt sind. Der Tiegel wird mit Hülfe eines Kranichs (Fig. 109) aus dem Ofen entfernt, in das

Fig. 109.



eiserne Gerüste H H gebracht, in welchem sich ein mit gekrümmter eiserner Stange versehener Korb T m befindet. Durch die Kurbel y und durch das

Räderwerk p r s kann dem Korbe eine solche Bewegung ertheilt werden, daß der Inhalt des Tiegels in die auf dem Gießwagen befindlichen Eingüsse fließt. Der Gießwagen selbst rückt auf der Eisenbahn weiter vor, um einen Einguß nach dem andern unter den Ausguß des Tiegels zu bringen. Daß das zur Münzlegirung angewendete Silber durch den Affinirproceß von dem beigemengten Golde befreit worden ist, wurde bei Gelegenheit der Beschreibung des Affinationsverfahrens (§. 184, Seite 184) angegeben.

§. 566.

Das Verwandeln der Barren oder Platten in Bleche.

Die Verwandelung der Barren und Platten in Bleche geschieht auf dem Streckwerk (laminoir), welches im Wesentlichen den zur Blechfabrikation benutzten Walzwerken gleich ist. Die aus Gußeisen und gehärtetem Stahl bestehenden Walzen sind jedoch weit kleiner und haben bei 3—8 Zoll Durchmesser gewöhnlich nur eine Länge von 4—12 Zoll. Alle Theile müssen mit der größten Sorgfalt gearbeitet sein. Fast nach jeder Streckung werden die Zaine ausgeglüht. Zur Vollendung der Zaine wählt man das vollkommenste der vorhandenen Streckwerke (Probewerk, *finishing rollers*). In der Londoner Münze zieht man die Zaine zuletzt durch das Adjustirwerk (Zainzug, Durchlaß, banc-à-tirer, dragon), eine Schleppzangen-Ziehbank (§. 328, Seite 323), deren wesentlicher Theil zwei unbewegliche stählerne Backen oder Stahlwalzen sind, zwischen denen die Zaine hindurchgehen.

Die gestreckten Platten werden durch die Circularscheere (cisailles circulaires, *circular-shears*) in Streifen zerschnitten, welche durch um die Axen sich bewegenden Zahnräder in Bewegung gesetzt werden. Die Scheerenblätter DE sind zwei an der Peripherie schneidige Stahlscheiben, welche auf parallelen Axen dergestalt angebracht sind, daß ihre Peripherien etwas nebeneinander vorbeiragen und ihre Flächen an dieser Stelle sich berühren. Durch die Zahnräder werden die Scheiben nach entgegengesetzter Richtung umgedreht und das ihnen zugeführte Blech ununterbrochen und höchst regelmäßig geschnitten.

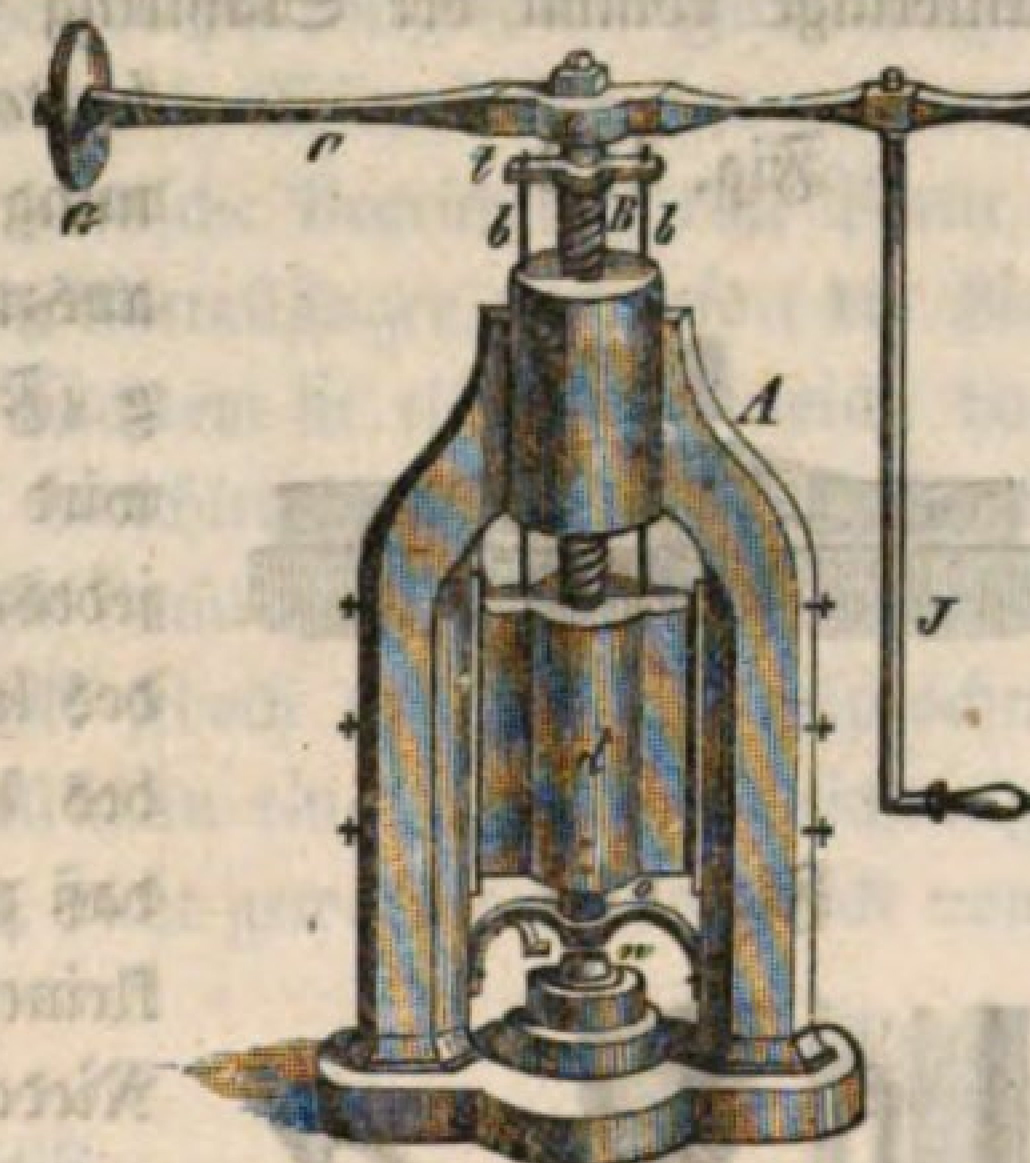
§. 567.

Das Ausschneiden der Münzscheiben aus den Blechen.

Das Ausschneiden der Scheiben (Durchschneiden, Ausstückeln, couper, découpage des flans, *cutting*) geschieht auf dem Durchschnitt (Ausstückelungsmaschine, découpoir, *blank-cutting machine*). Der Durchschnitt, so wie er für kleinere Münzen angewendet wird, hat folgende Einrichtung (Fig. 110): Zwischen massiven eisernen Ständern bewegt sich der Schieber d auf

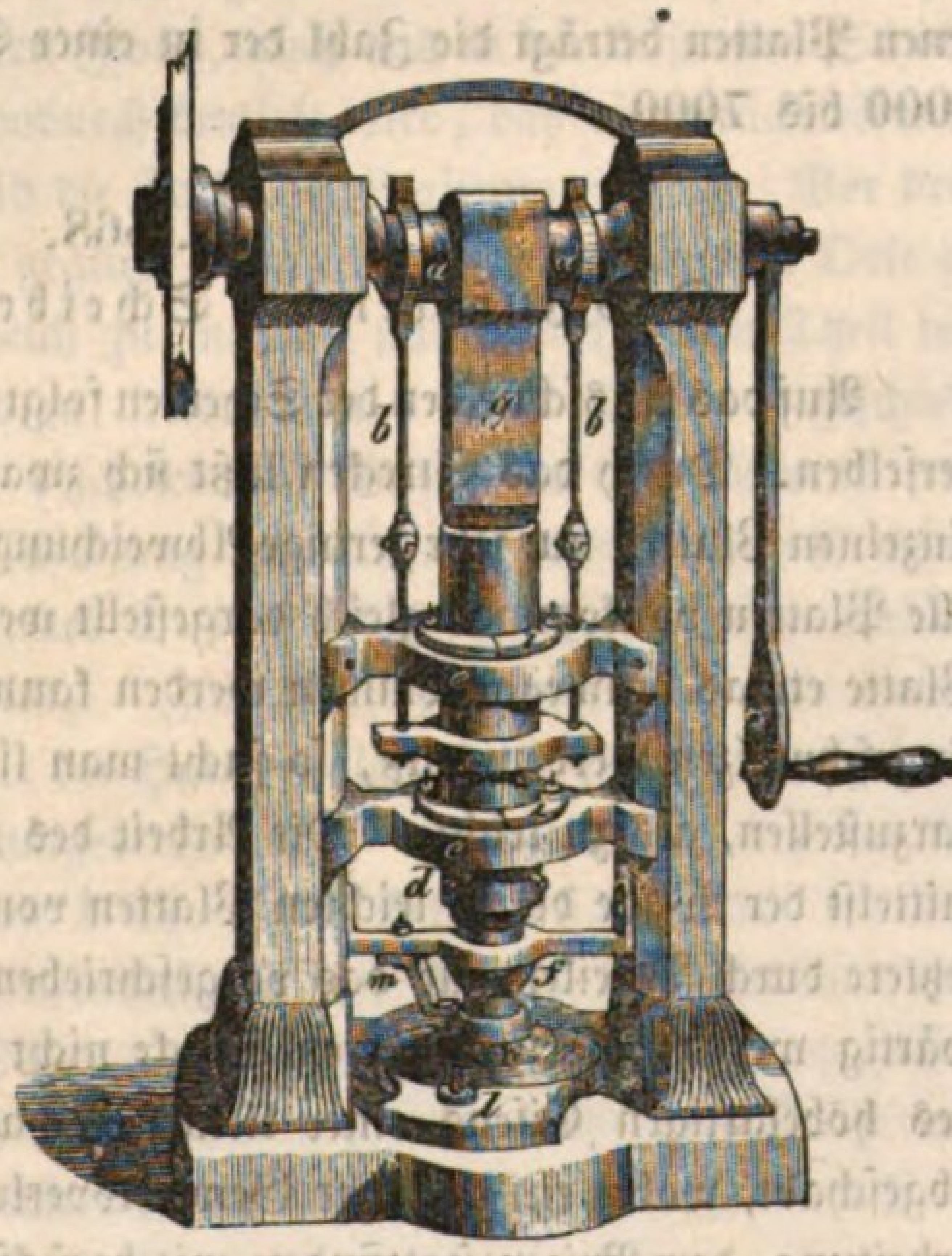
und nieder, an welchem unten der Cylinder von gut gehärtetem Stahl befestigt ist. Der Schieber wird durch die Scheibe B heruntergedrückt und durch die Stangen b b, welche in der auf dem Ende der Schraube frei aufliegenden Platte t befestigt sind, in die Höhe gehoben. Das Pressen selbst geschieht mit Hülfe des Balanciers C, welcher mit den Kugeln oder Scheiben G G beschwert ist; der Balancier wird durch den Griff I in Bewegung gesetzt. Durch eine Viertelumdrehung der Scheibe wird der Schieber so tief gesenkt, daß der Cylinder o in den stählernen Ring n, der mit einem runden scharfkantigen Loche versehen ist, hineingeht.

Fig. 110.



Bei dem zum Ausschneiden größerer Münzen angewendeten Durchschnitte (Fig. 111) geschieht die Schieberbewegung durch den Krummzapfen a a, der mittelst Dampfkraft auf- und niederbewegt wird. Beim Abwärtsgehen drückt das frei in einer Vertiefung des Cylinders d liegende Stück g den Cylinder herunter. Das Heraufgehen geschieht durch die in dem Ringstocke c befestigten Stangen b b. Die mit den Messingbüchsen i i versehenen Schieberhaken e e bewirken das Auf- und Abwärtsgehen in gerader und stets in derselben Richtung. Am untersten Theile des Cylinders d befindet sich der Stahlcylinder o (Drucker, Drücker, Stempel, emporte-pièce, poinçon, *punch*), welcher durch das Ringstück f in derselben Rich-

Fig. 111.



tung erhalten wird. Die Unterlage n befindet sich in dem eisernen Ueberwurfe r, welcher auf der untern Platte l mit Schrauben befestigt wird. In die Unterlage kommt der Stahlring u (Fig. 112) (matrice, *die*, *bed*, *bottom die*), der mit einer kreisrunden Oeffnung versehen ist, eben so groß, als die herauszuschneidende Scheibe. Damit das Blech g (Fig. 113) die richtige Lage beibehält, wird es an den Ansatz m angelegt und jedesmal so weit fortgeschoben, daß die Kante des letzten Loches gegen die Spitze des Stabes h stößt, die so gestellt werden kann, daß zwischen jedem Ausschnitte nur ein sehr kleiner Zwischenraum bleibt. Durch jeden Niedergang wird eine Scheibe aus dem Bleche von dem Durchmesser von o ausgestoßen, welche durch das Loch s in einen Kasten fällt. Das zurückbleibende durchlöcherte Blech (Schrötling) wird wieder eingeschmolzen; sein Gewicht beträgt mindestens 25 Proc. vom Gewichte der ursprünglichen Zaine. Je nach der Größe und Dicke der ausgeschnittenen Platten beträgt die Zahl der in einer Stunde ausgeschnittenen Platten 1000 bis 7000.

Fig. 112.

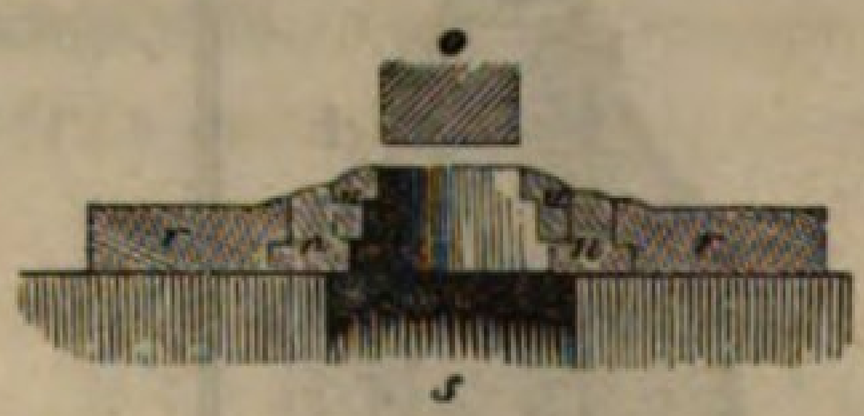
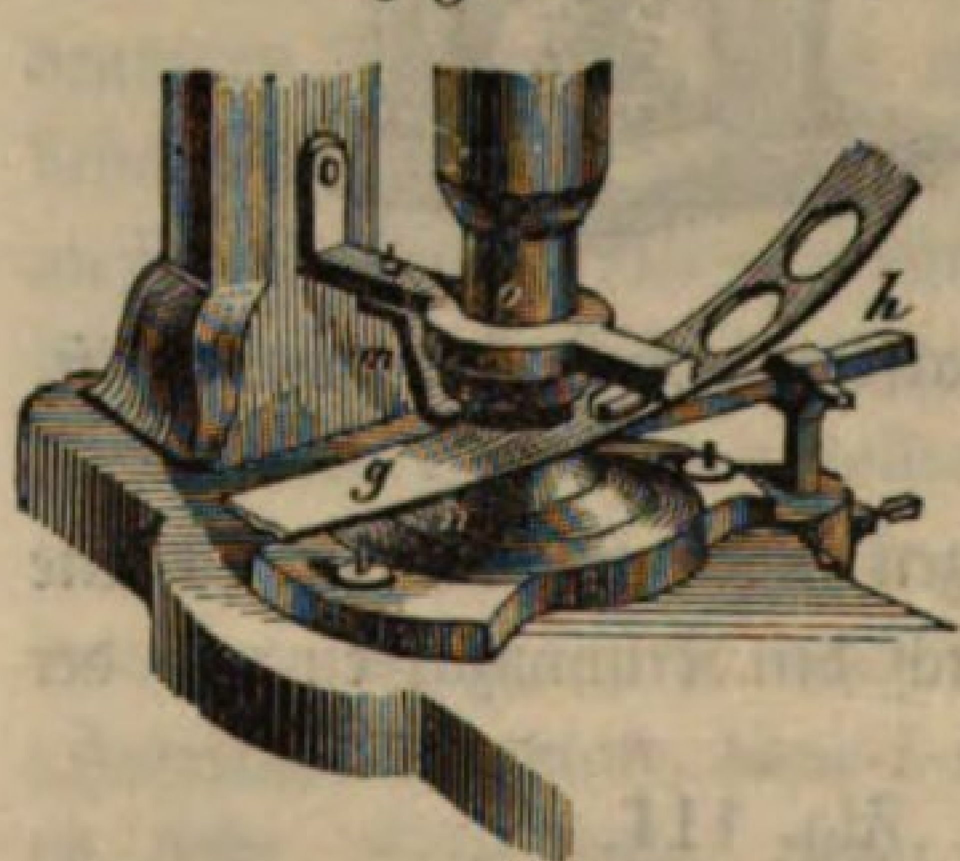


Fig. 113.



§. 568.

Das Justiren der Scheiben oder Platten.

Auf das Ausschneiden der Scheiben folgt das Justiren (ajuster, *sizing*) derselben. Durch das Strecken läßt sich zwar erreichen, daß das Gewicht der einzelnen Platten nur sehr geringe Abweichungen zeigt, es können aber niemals alle Platten vollkommen gleich dargestellt werden. Da von einer zu schweren Platte etwas hinweggenommen werden kann, eine zu leichte dagegen wieder eingeschmolzen werden muß, so sucht man lieber die Platten etwas zu schwer darzustellen, als zu leicht. Die Arbeit des Justirers besteht nun darin, vermittelst der Wage die zu leichten Platten von den zu schweren zu trennen und letztere durch Befeilen auf das vorgeschriebene Gewicht zu bringen. Gegenwärtig werden die zu schweren Stücke nicht mehr befeilt, sondern mit Hülfe des hobelartigen Eisens einer kleinen Schabemaschine (Justirmaschine) abgeschabt, wobei ein geringer Gewichtsverlust, welcher bei der weitern Verarbeitung, dem Beizen stattfindet, mit berücksichtigt wird. Durch diese Justir-

maschinen werden nicht allein die Feilstriche, welche zuweilen durch das Prägen nicht völlig zerstört werden, vermieden, sondern auch Metallspäne geliefert, welche nicht wie die Feile mit Eisentheilchen verunreinigt sind. Zum Wägen vor und nach dem Justiren wurde von Wurm in Wien 1842 eine automatische Justirwaage construirt, bei der eine mechanische Vorrichtung eine Platte nach der andern auf die Waagschaale legt, ein Metallfinger aber sofort die Platten auf die Seite schleudert und zwar, je nachdem sie richtiges Gewicht hatten, zu leicht oder zu schwer waren, in drei verschiedene Fächer eines Kastens, in welchen sich die gleichartigen Stücke zusammenfanden. Dieser scharfsinnig ersonnene Apparat scheint diesem Zwecke jedoch nicht völlig entsprochen zu haben. In der Bank von England soll man eine ähnliche Vorrichtung anwenden, um die durch Circulation zu leicht gewordenen Goldstücke von den übrigen zu trennen.

§. 569.

Das Sieden und Beizen der Platten.

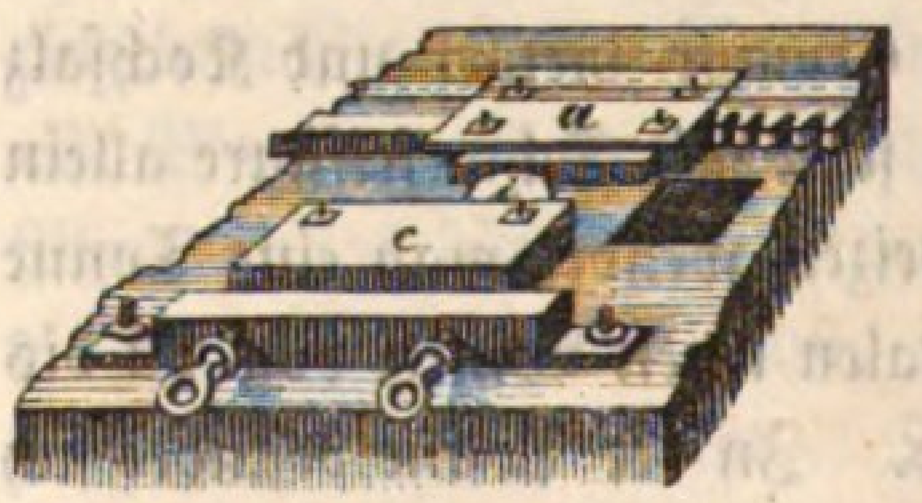
Ehe die justirten Platten geprägt werden, müssen sie von der schwarzen Farbe, womit ihre Oberfläche in Folge einer angehenden Orydation des Kupfers während des Ausglühens überzogen wurde, befreit werden. Dies geschieht durch das Sieden oder Beizen (blanchir, *blanching*) sowol bei Kupfermünzen, als auch bei Silber- und Goldmünzen. Bei den beiden letzten Münzen hat das Sieden außerdem noch den Zweck, auch das in der äußersten Schicht enthaltene Kupfer aufzulösen, wodurch bewirkt wird, daß die zurückbleibende Haut von Feinsilber oder Feingold die Farbe der Legirung verdeckt. Vor dem Sieden werden die Münzplatten geglüht, um sie von anhängendem Oele zu reinigen, sie für das Prägen weich zu machen und endlich einen Theil des Kupfers der Oberfläche in Oryd zu verwandeln. Das Sieden geschieht (ähnlich wie bei dem Seite 371 beschriebenen Weißsieden des Silbers) entweder durch Kochen mit einer Auflösung von Cremor tartari und Kochsalz in Wasser, oder es findet blos kaltes Beizen statt mit Schwefelsäure allein oder mit einem Zusatz von Kochsalz. Zum Beizen wendet man eine Tonne (Beiztonne) an, deren Are mit der Horizontalen einen Winkel von 12 bis 15° bildet und welche langsam umgedreht wird. In der Tonne befindet sich die Beize, für Silbermünzen aus 1 Th. engl. Schwefelsäure und 12 Th. Wasser, für Scheidesilber und Kupfermünzen aus 1 Th. Schwefelsäure und 8 Th. Wasser bestehend. Die Dauer des Verweilens in der Beiztonne richtet sich bei den Silbermünzen nach dem Feingehalt und nach ihrer Größe und beträgt bei größern Silbermünzplatten für Gulden- und Thalerplatten 30 bis 36 Minuten, für Halbgulden- und Sechstelthalerplatten 45—60 Minuten,

für Silberscheidemünze $1\frac{1}{2}$—$2\frac{1}{2}$ Stunden, für Kupferscheidemünze 12 bis 15 Minuten. Der Gewichtsverlust durch das Sieden beträgt bei den silbernen Platten 0,18 bis 2 Proc. Die durch das Sieden blank gewordenen, aber matten Scheiben werden in einem der Beiztonne ähnlichen Fasse (dem Scheuerfasse), die kleinern auch nur in einem Zwillichsacke, mit Kohlenstaub herumgetrieben und dann noch in einem ähnlichen Fasse mit Sägespänen. Die gebeizten Platten werden nochmals probirt (Plattenprobe).

§. 570.
Das Rändeln der Platten.

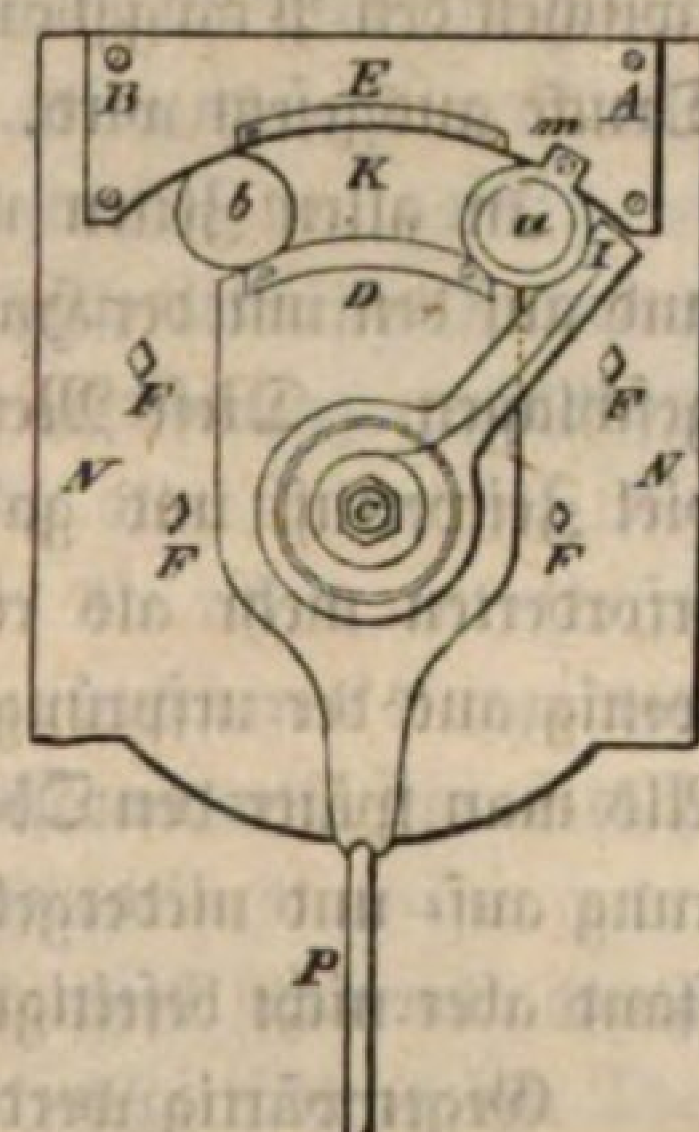
In früherer Zeit wurde der Rand der Münzen gewöhnlich nicht berücksichtigt. Ausnahmsweise verzierte man ihn allerdings mit Schrift. Zuerst mag man die Buchstaben einzeln aus freier Hand aufgeschlagen haben; gewöhnlich aber wendete man bei der Prägung einen Federring, einen elastischen, an einer Stelle der Peripherie offenen stählernen Ring an, dessen Innenseite die Schrift vertieft enthielt. Man zwängte diesen Ring in einen zweiten Ring ein, wodurch er geschlossen wurde, und legte die Münzplatte zum Prägen hinein. Während des Prägens wurde die Platte gegen den Ring gepreßt und nahm die hohen Abdrücke der Schrift an. Das ganze Verfahren fand seiner Weitläufigkeit wegen wenig Anklang. Weit einfacher wurde die Operation durch das von Castaing 1685 erfundene Rändel- oder Kräuselwerk (machine à cordonner, m. à tranche, *edge-work, milling-machine*), durch welches mit großer Geschwindigkeit sowol erhabene als vertiefte Verzierungen oder Randschriften eingedrückt werden können. Diese Maschine (Fig. 114) besteht wesentlich aus zwei stählernen Leisten (Rändeleisen, coussinets, *checks*), deren eine c unbeweglich ist; die andere a wird mit Hülfe einer Kurbel bewegt. Auf der einander zugekehrten Seite steht die Verzierung oder Schrift, und zwar auf jeder die Hälfte. Die Münzplatte i wird mit rollender Bewegung zwischen die Rändeleisen so weit durchgezwängt, daß die Münze eine halbe Umdrehung macht, so daß die eine Hälfte ihres Randes von dem einen Rändeleisen, die andere von dem zweiten den Eindruck erhält. Durch die vor c befindlichen Schrauben wird das unbewegliche Rändeleisen gehörig angenähert und parallel gestellt. Je nach der Größe der Münzplatten kann ein Arbeiter mit Hülfe der Castaing'schen Maschine 50 bis 200 Stück in der Minute rändeln. Bei der gegenwärtig eingeführten Prägung im Ringe bildet sich die Rand-

Fig. 114.



verzierung oder Randschrift während des Prägens mit dem Gepräge zugleich. Vertiefte Schriften und Verzierungen giebt man dagegen vorher durch die von Gingembre construirte Rändelmaschine (Fig. 115). Die Rändeleisen D und E sind bogenförmig; das unbewegliche, auf seiner concaven Seitenfläche mit der Schrift oder Verzierung versehen, ist auf dem Stücke A B befestigt, welches auf der als Unterlage dienenden eisernen Platte N N fest angeschraubt ist. Das bewegliche Rändeleisen E, das auf der concaven Seite die Schrift trägt, befindet sich am vordern Ende eines Hebels P D, der sich um C dreht. C ist zugleich der Mittelpunkt für die Kreisbogenkrümmung der beiden Rändeleisen, welche letztere einander genau gegenüberstehen müssen, so daß sich die Schrift in einerlei Ebene befindet, und zwar in einem dem Durchmesser der zu rändelnden Platten fast gleichen Abstande. Da sich in C der Druck concentrirt, so muß der Zapfen von bedeutender Stärke sein. Es ist ein abgestumpfter Stahlkegel auf N N befestigt und geht durch eine konische Oeffnung in dem Hebel P D. Die Ebene der Schrift und die Axe des Hebelarmes P müssen, zur Vermeidung von ungleichmäßigem Seitendruck, genau mit einer durch die Mitte der Dicke des Hebels D gelegten Axe zusammenfallen. Auf der Unterlage A B ist mit Hülfe von m eine oben und unten offene Röhre a befestigt, in welche die zu rändelnden Münzplatten auf einander geschichtet gebracht werden. Der Arm I C, welcher sich mit dem Hebel P D bewegt, bringt die unterste Münzplatte zwischen die Rändeleisen. Bei dem Rändeln wird der Hebel P L D bei P gefaßt und so gedreht, daß das linke Ende des Rändeleisens D dem rechten Ende von E gegenüber zu stehen kommt. Wird darauf der Hebel entgegengesetzt gedreht, so schiebt der Arm C I die unterste Münzplatte so weit vor, daß sie von dem Rändeleisen gefaßt wird und während ihrer Drehung die Eindrücke der Rändeleisen annimmt. Sobald sie eine halbe Umdrehung um sich selbst gemacht, entgeht sie der Klemmung durch die Rändeleisen und fällt durch die Oeffnung b in einen Kasten. Die aufrecht stehenden Zapfen F, F, F, F dienen zur Bewegung der Rechts- und Linksdrehung des Hebels. Ein Arbeiter kann mit dieser Maschine täglich 20,000 größere Silberstücke rändeln.

Fig. 115.



§. 571.
Das Prägen.

Das Prägen (frapper, battre, *coining*), durch welches die Münzplatte das Gepräge erhält und dadurch zur Münze wird, geschieht, indem die Platte zwischen den Prägstempeln einem momentanen, aber kräftigen Stoße oder Drucke ausgesetzt wird.

In alten Zeiten wurde der untere Stempel auf einem Blocke befestigt und auf den mit der Hand gehaltenen Oberstempel mit einem großen Hammer geschlagen. Diese Methode war eine äußerst unvollkommene, sie verursachte viel Zeitverlust und gab nur eine mangelhafte Prägung. Große Münzen erforderten mehr als einen Schlag, wodurch häufig, wenn die Münze ein wenig aus der ursprünglichen Lage kam, ein undeutliches Gepräge entstand. Als man später den Oberstempel mit seinem Stiele schieberartig in einer Führung auf- und niedergehen ließ, wurde zwar die Arbeit erleichtert, jener Uebelstand aber nicht beseitigt.

Gegenwärtig werden die angedeuteten Fehler nicht mehr begangen, indem man allgemein die Ringprägung anwendet. Die Münzplatte liegt nämlich während des Prägens in einem den Unterstempel umschließenden stählernen Ringe (Prägring, virole), aus welchem sie im Augenblicke der beendigten Prägung entweder durch ein Aufsteigen des Stempels oder durch entsprechende Senkung des Ringes von der Maschine selbst gehoben wird. Vor dem Prägen ist die Münzplatte etwas kleiner als der Ring, so daß sie bequem in dessen Oeffnung gebracht werden kann; durch den Stempeldruck dehnt sie sich aber so viel aus, daß die Ringöffnung vollständig angefüllt wird. Alle in dem nämlichen Prägringe geprägten Stücke sind demnach von gleicher Größe. Das Münzmetall quetscht sich ferner um beide Flächen in Gestalt eines schmalen Stäbchens dergestalt auf, daß beim Uebereinandersetzen der geprägten Platten ein dichtes Zusammenschließen ihrer Ränder stattfindet und beim Hinlegen auf eine horizontale Fläche nur der Rand, nicht aber das Gepräge aufruht.

Je nach der Beschaffenheit der innern Fläche des Prägerings unterscheidet man folgende drei Arten desselben:

1) der glatte Ring (virole lisse) ist ein ungetheilter oder voller Ring, welcher nur beim Prägen von glattrandigen Münzen Anwendung finden kann;

2) der gekerbte Ring (virole cannelée), welcher dem Rande der Münzen eine gestreifte oder feingerippte Beschaffenheit ertheilt, enthält auf der inneren Seite schmale und parallele Furchen oder Kerbe. Obgleich diese Art der Verzierung weder besonders schön ist, noch gegen das Abnehmen von Metalltheilchen hinreichenden Schutz gewährt, auch dem Rande der Münze

so zu sagen die Beschaffenheit einer Feile verleiht, hat dennoch die Prägung im gekerbten Ringe in neuerer Zeit vielfach Eingang gefunden, weil dadurch die Arbeit des Rändelns vor dem Prägen erspart wird;

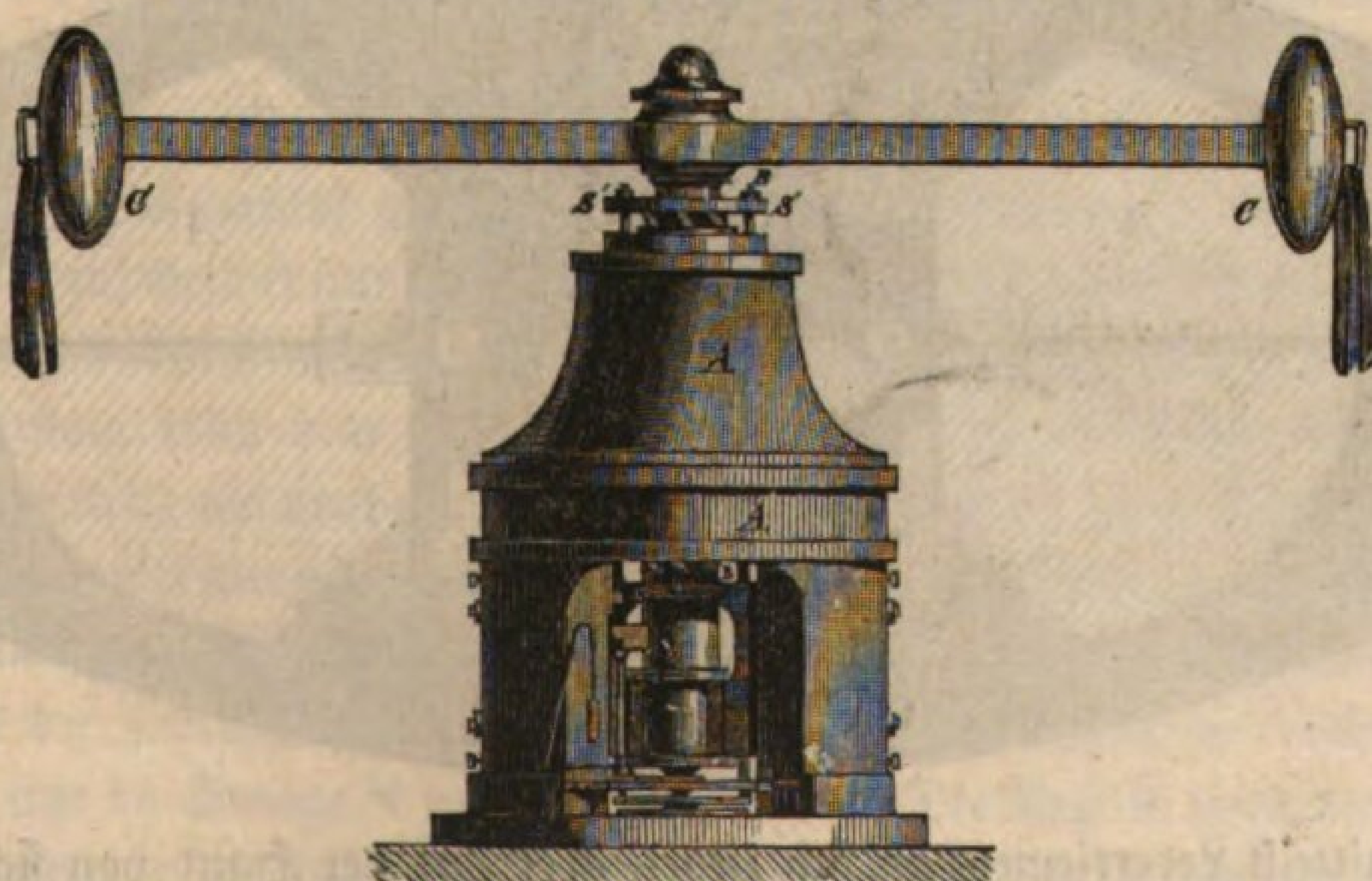
3) der gebrochene oder dreitheilige Ring (virole brisée) besteht aus drei Theilen, welche sich zum Herausheben der geprägten Münzen von selbst auseinander begeben, während des Prägens selbst aber fest zusammengehalten werden. Das Schließen und Oeffnen des gebrochenen Ringes geschieht durch eine besondere Vorrichtung. Man wendet den gebrochenen Ring nur dort an, wo die Münzplatte erhabene Schrift oder Verzierung erhalten soll, in welchem Falle der Ring mit vertiefter Gravirung versehen ist.

§. 572.

Die eigentliche Prägmaschine oder Münzmaschine (machine qui serve à frapper les monnaies, *coining-press*) ist entweder ein Stoßwerk mit der Schraube oder eine Kniehebelpresse.

Das Stoßwerk (Spindelwerk, Druckwerk, Anwurf, balancier monétaire, *minting-mill*) ist durch Fig. 116 dargestellt. Fig. 117 ist ein Theil der vorstehenden Zeichnung in größerem Maßstabe dargestellt, Fig. 118 der Horizontaldurchschnitt der Zeichnung 117. Es besteht wesentlich aus einem

Fig. 116.



aus Glockengut oder Eisen gegossenen Gestelle A, einer dicken eisernen Schraubenspindel B, welche vermittelst der doppelarmigen Schwingstange (Schlüssel, Schwengel, Balancier) in Bewegung gesetzt wird, an deren Enden messingene, mit Blei ausgegossene Kugeln befestigt sind. Das Heruntergehen der Schraube und der Stoß wird bewirkt, indem die Arbeiter die Schwing-

Fig. 117.

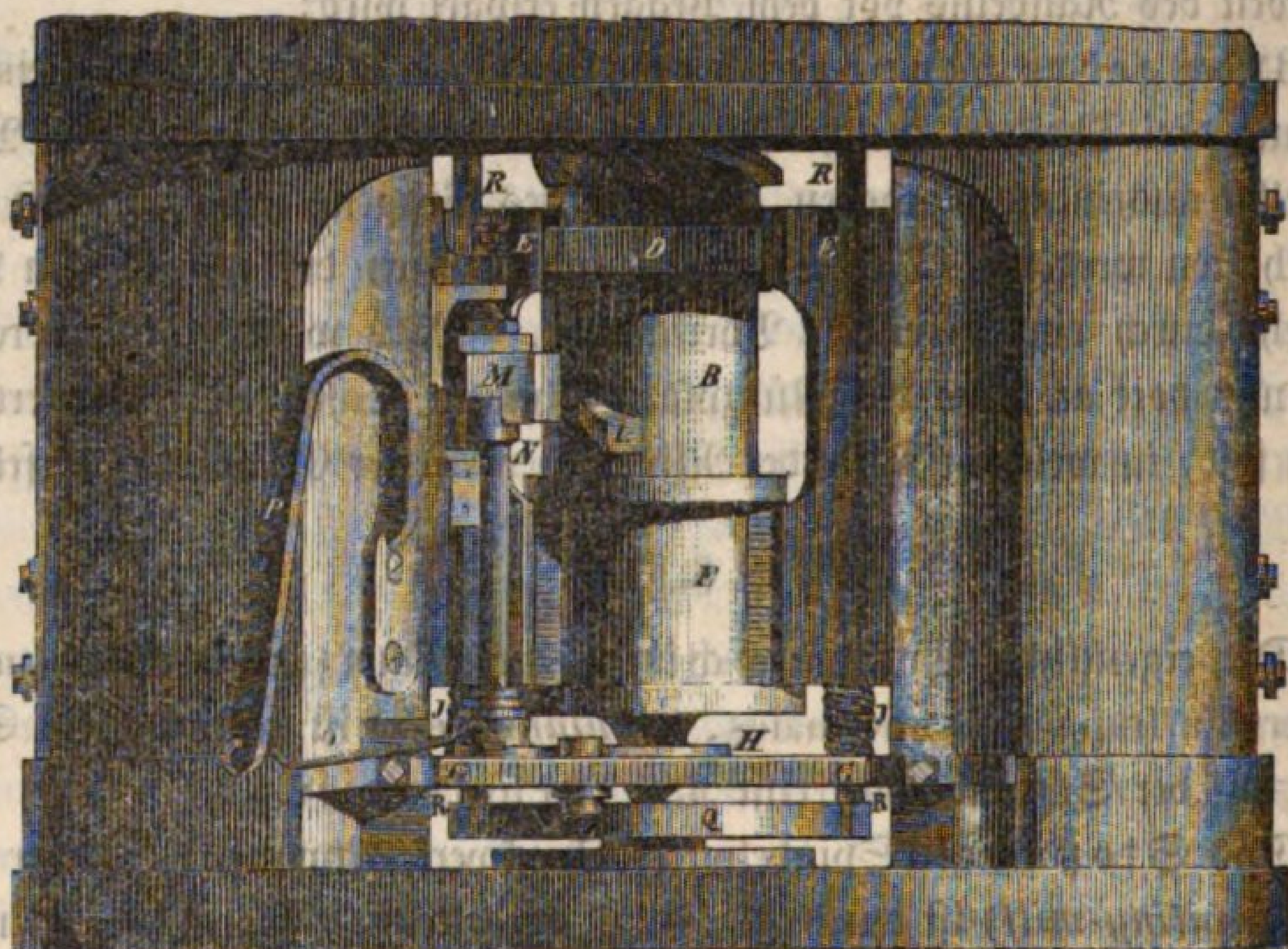
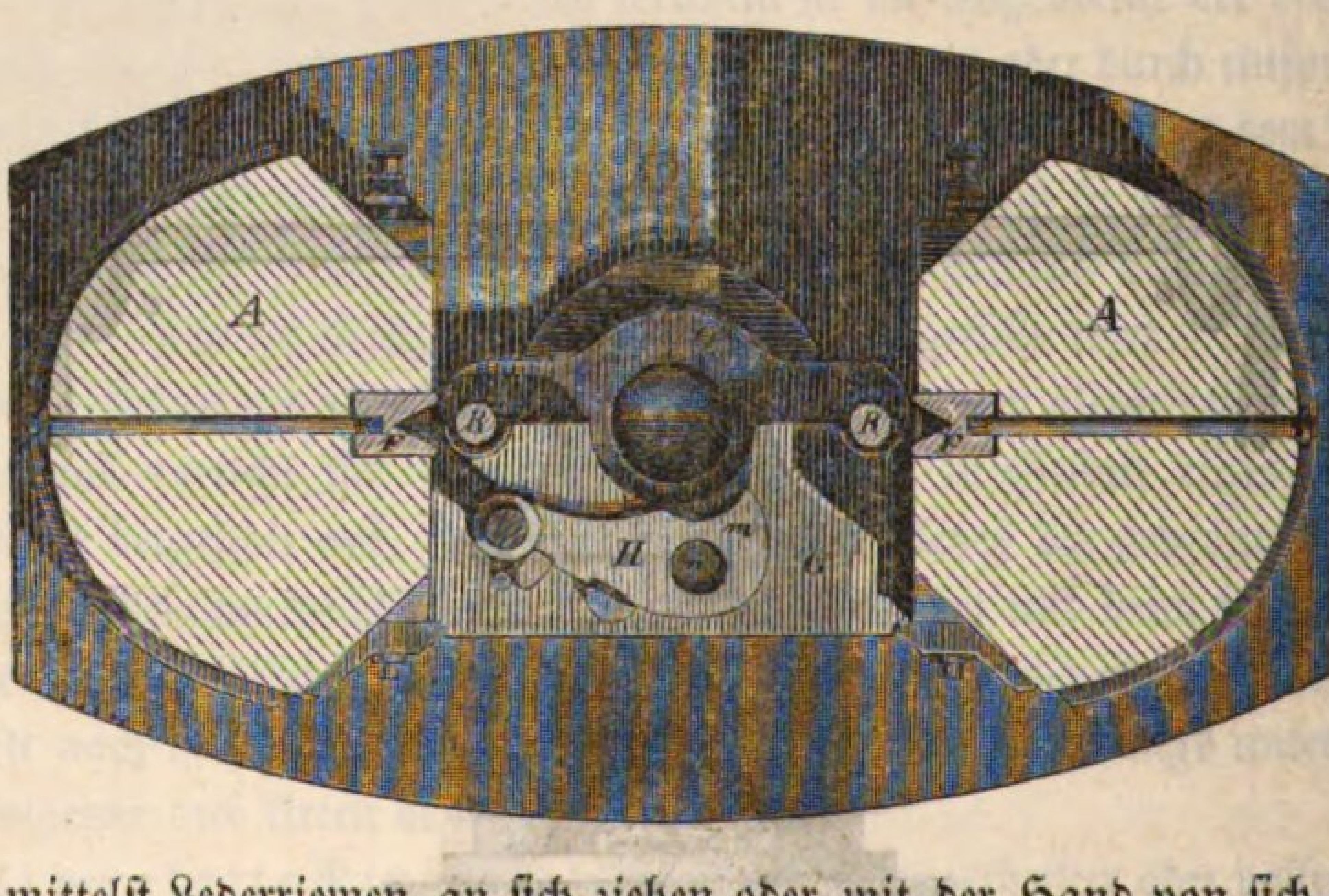


Fig. 118.



stange mittelst Lederriemen an sich ziehen oder mit der Hand von sich stoßen. Die Schraube ist, um bei geringer Reibung möglichste Stärke zu haben, dreigängig und die Windung stark geneigt (unter 45°), damit die Spindel genügend steige oder falle, wenn die Schwingstange auch nur einen Bogen von 60 bis 80° beschreibt.

Der Oberstempel wird durch die Schraube bewegt; er darf aber nur auf- und abwärts gehen, sich jedoch nicht drehen wie die Schraube. Er ist zu dem

Ende an dem Schieber E befestigt, welcher durch zwei Platten F F senkrecht gehalten wird. Dieser Schieber ist oben mit einem ausgebogenen Rande versehen, um das aus der Schraube abfließende Oel aufzunehmen. Der Unterstempel ruht auf einem beweglichen Stahlstück, dessen unterer Theil convex ist und genau in die concave Oeffnung einer Stahlmasse paßt, welche die Mitte von A A einnimmt. Im Augenblicke des Stoßes stellt sich das bewegliche Stahlstück in der concaven Oeffnung so, daß die gravirte Fläche des Unterstempels zu der des Oberstempels genau parallel steht; es wird dadurch der Druck auf alle Theile der Münzplatte gleichmäßig ausgeübt.

An dem Stoßwerk befinden sich Vorrichtungen, die Münzplatte in die zum Prägen nothwendige Lage zu bringen und die Münze nach dem Prägen sofort zu entfernen. Beide Operationen werden während der Aufwärtsbewegung der Schraube ausgeführt. Im Niveau der oberen Fläche des gebrochenen Ringes befindet sich eine aus zwei Theilen bestehende Platte G. In Fig. 118 ist der eine Theil derselben nicht vorhanden, damit man das darunter Befindliche sehen kann. Auf dieser Tafel bewegt sich der Zubringer H (Hand, main-poseur, *layer-on*), welcher mit Hülfe von m das geprägte Stück wegschiebt und in den Prägring eine neue Platte einlegt. Damit der Zubringer durch m die geprägte Münze entfernen könne, muß dieselbe bis über den Prägring gehoben werden. Zu dem Ende kann der Unterstempel durch die Scheibe Q gehoben werden, an welcher sich zwei Stangen R R befinden, welche durch das Stoßwerk der Länge nach gehen und in den Ring S S ausmünden (Fig. 116). Beim Aufgang der Schraube wird dieser Ring von unten nach oben gestoßen; sogleich darauf gehen die Stangen in Oeffnungen, die sich in dem Ringe befinden, welcher nun, während des weiteren Aufsteigens der Schraube, in Ruhe bleibt; dadurch wird die Scheibe Q auf der erforderlichen Höhe gehalten. Die Bewegung wird dem Zubringer durch den an der Schraube befindlichen Ansatz L gegeben, welcher beim Zurückgehen der Schraube durch die Nase M die Zubringerstange N und mit ihr den Zubringer dreht. Beim weiteren Zurückgehen der Schraube berührt der Ansatz L die Nase M nur an ihrer äußeren Oberfläche und der Zubringer wird nicht mehr gedreht; ein Ansatz an der Schraube hebt aber jetzt die Stange N und den Zubringer. Die Nase M wird nicht mehr von L berührt und der Zubringer wird durch durch die Feder P bewegte Haken O zurückgeführt. Bei dieser retrograden Bewegung geht der Zubringer, der einige Zeit durch den Ansatz der Schraube gehoben bleibt, über die im Prägringe befindliche Münzplatte hinweg. Beim Abwärtsgehen der Schraube trifft der Ansatz L die Nase M, welche nachgiebt, ohne die Stange N zu drehen, welche dadurch vermittelst einer Feder in ihre erste Lage zurückkehrt; zugleich senken sich Ring S S und Scheibe Q, der Unterstempel sitzt auf dem erwähnten

Stahlstücke auf und die mit dem Unterstempel abwärts gegangene Münzplatte befindet sich in der zum Prägen geeigneten Lage.

Durch den Stoß des Oberstempels auf die Münzplatte und mittelbar auf den Unterstempel entsteht ein Rückstoß, der stark genug ist, um die Schraube einen Theil ihres Weges zurück und hinauf zu treiben. Diese rückgängige Bewegung wird dadurch noch unterstützt, daß man die zurückgehende Schwungstange mit den beiden Schwungkugeln gegen einen, über mehrere Federn straff angezogenen Riemen schlagen läßt.

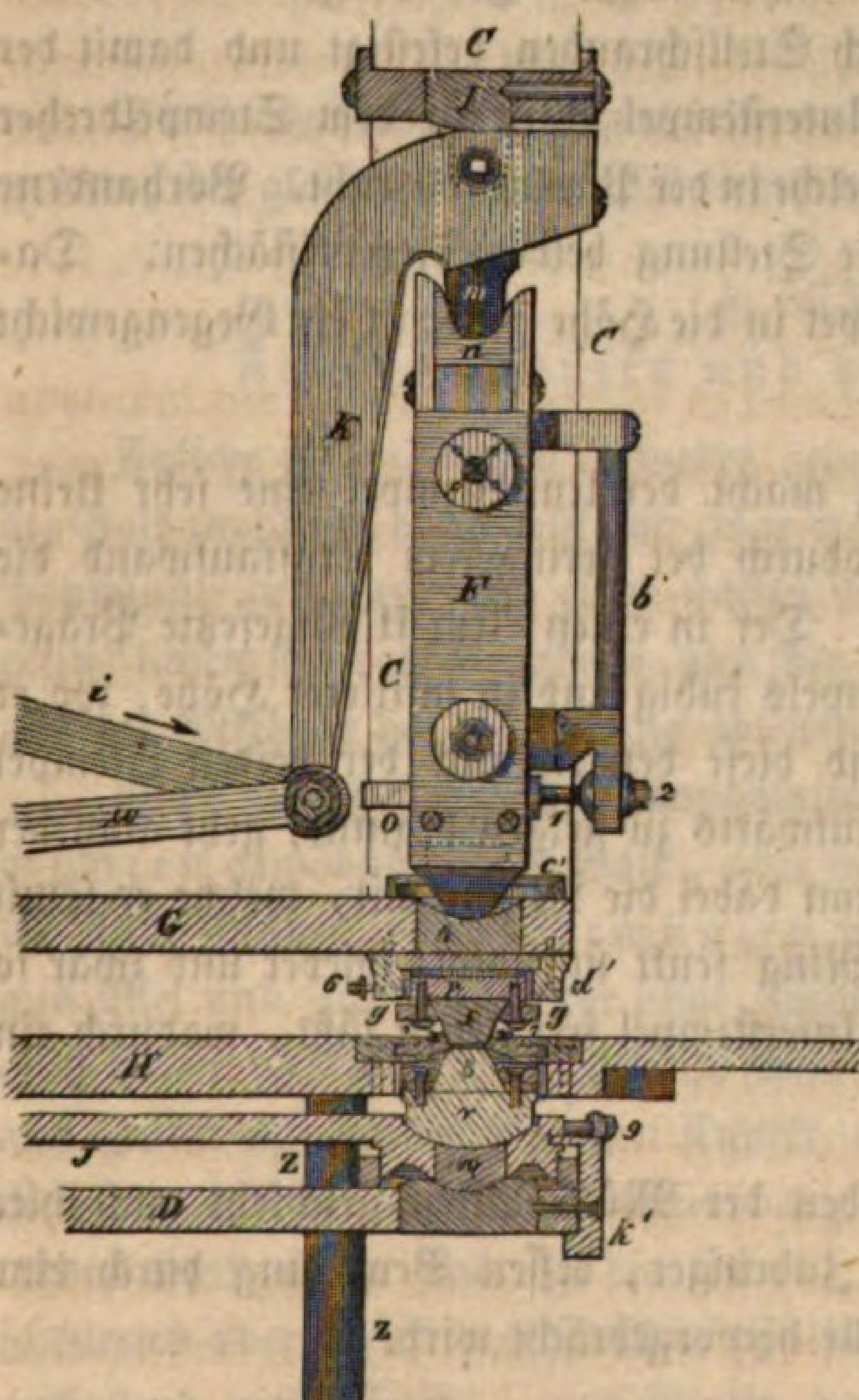
§. 573.

Das Stoßwerk, welches seit Anfang des 18. Jahrhunderts, wenigstens zu den größeren Münzsorten allgemein gebräuchlich war, ist ungeachtet vielfacher, in neuerer Zeit damit vorgenommener Verbesserungen mit wesentlichen Uebelständen belastet; es nimmt wegen der Kreisbewegung der langen Schwungstange einen großen Raum in Anspruch, verzehrt viel Arbeitskraft (es braucht je nach seiner Größe 2—8, ja selbst 12 Mann), außerdem erzeugt es bei seinem Betriebe so heftige Erschütterungen, daß es nicht anders als in solid gegründeten Erdgeschossen aufgestellt werden kann; endlich unterliegt es häufigen Reparaturen. Es fand sich demnach Veranlassung genug, um auf die Construction von Münzmaschinen zu denken, die bei geringerem Raumbedarf leicht mit einer Dampfmaschine verbunden werden könnten, durch Druck wirken und demnach keine Erschütterungen hervorbringen. Man fand in dem Kniehebel ein kräftiges Maschinenelement, welches sich eben so wie zu Drucker- und Oelpressen, vorzüglich auch zu Druckprägwerken eignet. Der Kniehebel besteht aus zwei durch Gelenke oder Charniere mit einander verbundenen Armen, von denen der eine mit seinem zweiten Ende sich gegen einen festen Punkt stützt, während der andere den Druck auszuüben bestimmt ist. Eine jede Kraft, die das von den beiden Armen gebildete Knie geradezurichten sucht, bewirkt eine Verlängerung des Abstandes zwischen den äußeren Endpunkten der Arme; da der eine dieser Endpunkte seinen Ort nicht zu verändern vermag, so bewegt der andere das ihm entgegengesetzte Hinderniß; dabei verringert sich mit der Annäherung zur völligen Geradstreckung des Knies die Geschwindigkeit der Bewegung, während die entsprechende Druckkraft zunimmt. Ist nun die Construction der Art, daß im letzten Augenblicke der Bewegung, welche der Oberstempel der Münzmaschine durch den Kniehebel empfängt, das Knie fast gerade geworden ist, so ist diese Construction im Stande, im letzten Momente der Wirkung mit geringerem Kraftaufwande einen enormen Druck hervorzubringen[1]).

[1]) Vergl. Gegenwart, Leipzig 1853, Bd. VIII. S. 197.

§. 574.

Fig. 119.



Die erste Münzmaschine, nach dem Kniehebelprincipe construirt, war die von Nevedomsky in Petersburg (1811), eine zweite, weit vollkommenere die von H. Uhlhorn (Firma: Dietrich Uhlhorn in Grevenbroich bei Düsseldorf) und die von Thonnelier in Paris.

Die Münzmaschine von Uhlhorn, bei welcher die scharfe Ausprägung durch eine sehr geringe drehende Bewegung, die der Stempel im Augenblicke des Druckes macht, befördert wird, hat im Wesentlichen folgende Einrichtung (Fig. 119): Die Bewegung des complicirten Mechanismus wird durch eine mit Schwungrad versehene Welle vermittelst excentrischer Scheiben und eines Krummzapfens hervorgebracht. Die einzelnen Operationen sind:

1) die Bewegung des Kniehebels, als des eigentlichen Prägwerkes,
2) die Drehung des Oberstempels,
3) die Bewegung des Prägringes,
4) das Auflegen und Wegschieben der Münzplatten.

Die Betriebswelle ertheilt mit Hülfe der Krummzapfenlenkstange i dem Kniehebel K eine oscillirende Bewegung und bewirkt das Abwärtsgehen und den Druck des Oberstempels vermittelst des Pendels F. Der Kniehebel spielt mit einer oben befindlichen Pfanne auf dem in dem Prägrahmen C unbeweglich angebrachten Zapfen I. Der Zapfen m arbeitet in der Pfanne n des Pendels. Die Axenlinien des Pendels F und des Zapfens

m bilden bei aufgehobenem Oberstempel einen sehr stumpfen Winkel, dessen Scheitel nach K hin liegt. Der Druck beim Prägen wird dadurch hervorgebracht, daß das Pendel F in Folge der Bewegung von K m sich vertikal stellt, wonach dasselbe zufolge der Unbeweglichkeit des Zapfens I eine geringe nach abwärts gehende Bewegung machen muß. Im Träger G des Oberstempels ist die Stempelplatte durch Stellschrauben befestigt und damit der Oberstempel 5 verbunden. Der Unterstempel 8 ist in dem Stempeldreher I mit der Halbkugel r verbunden, welche in der Pfanne 10 ruht. Vorhandene Stellschrauben gestatten die parallele Stellung beider Stempelflächen. Damit nach dem Prägdrucke der Stempel in die Höhe gehe, ist ein Gegengewicht vorhanden.

Im Augenblicke der Prägung macht der Unterstempel eine sehr kleine Drehbewegung von 2 bis 3°, wodurch bei geringerem Kraftaufwand die Ausprägung weit schärfer erfolgt. Der in einen Arm H eingesetzte Prägering ist beim Niedergehen des Stempels ruhig und in mittlerer Höhe, wo er die Münzplatte umschließt, während diese den Abdruck der beiden Stempel erhält. Sobald der Oberstempel aufwärts zu steigen beginnt, geht auch der Ring ein wenig aufwärts und nimmt dabei die Münze mit, welche er somit aus dem Unterstempel läßt. Der Ring senkt sich sofort wieder und zwar so tief, daß er die Münze auf dem Unterstempel frei liegen läßt, wodurch ein Wegschieben derselben gestattet ist.

Das Auflegen und Wegschieben der Münzplatten geschieht auch hier wie bei dem Stoßwerk durch den Zubringer, dessen Bewegung durch eine excentrische Scheibe der Betriebswelle hervorgebracht wird.

36 — 40 große Münzstücke, 50 — 56 mittlere und 60 — 75 kleine sind in der Regel das Erzeugniß einer Uhlhorn'schen Münzmaschine. Ein vor dem Prägwerk sitzender Arbeiter läßt die Münzplatten in eine trichterähnliche Vorrichtung fallen, unterhalb welcher der Mechanismus die Platten hinwegholt, sie unter den Unterstempel schiebt, durch einen schnellen Druck des Oberstempels prägt, bei Seite schiebt und durch eine schräg abwärts gehende Rinne in den Sammelkasten leitet. Die Maschine ist ferner durch angebrachte sinnreiche Mechanismen ausgezeichnet, welche theils die Bewegung der Maschine hemmen, wenn keine Münzplatte auf den Unterstempel gelangt ist, theils eine Beschädigung verhindern, wenn die geprägte Platte nicht entfernt ist. H. Uhlhorn liefert Prägwerke in drei Größen [1]:

---

[1]) Vergl. Londoner Ausstellungsbericht, Berlin 1852, Bd. I. S. 607 und Münchener Ausstellungsbericht, München 1855, Gruppe V. S. 51.

für Durchmesser der Münzen von	20 Millim.	20—30 Millim.	30—41 Millim.	
welche in der Minute liefern	60—70	50—55	40—45	
dazu eine Kraft bedürfen von Pferdekräften	$^1/_6$	$^1/_3$—$^1/_2$	$^2/_3$—1	
und einen Raum einnehmen von	6	8	9	Fuß Länge,
	3	4	$4^1/_2$	„ Breite
und	6	7	8	„ Höhe.

Die in der Pariser Münze arbeitende Münzmaschine von Thonnelier[1]) gründet sich gleichfalls auf das Kniehebelprincip.

§. 575.

Falsche Münzen und deren Erkennung[2]).

Falsche Münzen sind entweder geprägt oder durch Guß oder mit Hülfe der Galvanoplastik dargestellt und zwar entweder selbstständig oder mit directer Benutzung des Gepräges einer ächten Münze fabricirt. Die Erkennungsmittel lassen sich deshalb theils aus der Beschaffenheit der Legirung, theils aus der Methode der Herstellung ableiten.

Was das erste dieser Erkennungsmittel betrifft, so bestehen falsche Goldmünzen gewöhnlich aus Gold, aber von weit niedrigerem Feingehalte als die ächte Münze. Silbermünzen wurden aus weichen Legirungen, aus Blei und Zinn, mit oder ohne Zusatz von Antimon und Zink, mitunter auch Eisen und Kupfer, oder aus harten Legirungen und zwar entweder aus Silber mit großen Mengen Kupfer, aus Tombak und Messing, Bronze, Neusilber oder unversetztem Kupfer dargestellt. Die vorzugsweise zu beachtenden Kennzeichen sind 1) die Farbe der Legirung an einer stark abgescheuerten oder angefeilten Stelle. Falsche Goldmünzen geben sich durch die auffallend rothe Farbe, aus Platin dargestellt durch die weiße Farbe zu erkennen. Falsche Silbermünzen aus weichen Legirungen unterscheiden sich außer durch ihre Weichheit durch ihre graue Farbe, aus Kupfer und kupferarmen Legirungen durch ihre rothe Farbe. Neusilber hat die Farbe des zwölflöthigen Silbers, doch ist meist, wenn es als Material zu Münzen dient, mit größeren Mengen Kupfer versetzt und dadurch von röthlicher Farbe. Messing und Bronze sind leicht durch ihre Farbe zu erkennen. 2) Der Strich auf dem Probirsteine (vergl. Seite 215) ist allerdings auch nur eine abgeänderte Methode der Vergleichung der Farbe, es lassen sich jedoch geringe Farbenunterschiede auf dem dunklen Steine leichter wahrnehmen, es

[1]) Die Münzmaschine von Thonnelier ist abgebildet und beschrieben in Delaunay, Cours élémentaire de Mécanique, Paris 1852, S. 227.

[2]) Vergl. K. Karmarsch, Beitrag zur Technik des Münzwesens, 1856, S. 90; Loos, die Kunst falsche Münzen zu erkennen, Berlin 1828.

können ferner die Striche noch einer weiteren Probe unterworfen werden. Wird nämlich der Strich mittelst eines Pinsels mit einer Auflösung von Kupferchlorid (durch Lösen von schwefelsaurem Kupferoxyd und Kochsalz erhalten) überstrichen, so verschwindet er ganz oder fast, wenn er durch Bronze, Neusilber, Kupfer oder Silber von weniger als 6 Loth Feingehalt gemacht wurde. Der Strich von Goldmünzen wird durch Salpetersäure geprüft; enthält der Strich kein Gold oder nur sehr geringe Mengen davon, so wird er vollständig abgelöst; außerdem wird er um so mehr zerfressen, je weniger Gold die Legirung enthält. 3) Die Biegsamkeit und Sprödigkeit kann ebenfalls ein gutes Erkennungsmittel sein. Münzen aus weichen Legirungen von Zinn und Blei sind leicht zu biegen, bei Zusatz von Antimon oder Zink zu diesen Legirungen dagegen so spröde, daß sie beim Biegen brechen. 4) Der Klang ist bei falschen Silbermünzen aus weichen Legirungen der bekannte dumpfe; bei solchen aus harten Legirungen ist dieses Kennzeichen ein trügliches. Es ist hierbei auch der Umstand nicht zu übersehen, daß selbst ächten Münzen der Klang gänzlich fehlen kann, wenn sich unganze Stücken in ihnen befinden, welche nicht immer äußerlich wahrzunehmen sind.

§. 576.

5) Das specifische Gewicht einer Goldmünze ist um so geringer, je größere Mengen von Silber oder Kupfer es enthält; eine falsche Goldmünze wird daher, vorausgesetzt, daß sie die richtige Größe hat, stets zu leicht sein, nur wenn sie aus Platin bestehen sollte, ein Fall, welcher allerdings schon vorgekommen ist, wird ihr specifisches Gewicht zu hoch sein. Bei falschen Silbermünzen wird das specifische Gewicht bei richtiger Größe stets zu gering ausfallen, wenn dieselben aus Messing oder Bronze, Kupfer oder Neusilber, Zinn oder einer Zinn-Bleilegirung, in welcher das Blei die Hälfte ausmacht, bestehen. Das specifische Gewicht des gemünzten Silbers ist nämlich (vergl. Seite 219):

Feinsilber	10,482
14 löthiges Silber	10,273
13 „ „	10,169
12 „ „	10,065
9⅓ „ „	9,78
8⅓ „ „	9,67
5 „ „	9,33
3½ „ „	9,20

Die specifischen Gewichte derjenigen weichen und harten Legirungen und Metalle, welche zu falschen Silbermünzen angewendet wurden, sind:

Messing	8,5 — 8,65	1 Zinn mit 1/3 Blei	8,00
Bronze	8,76 — 8,85	1 Zinn mit 1/2 Blei	8,27
Neusilber	8,40 — 8,70	1 Zinn mit 1 Blei	8,86
Kupfer	8,85	1 Zinn mit 2 Blei	9,55
Zinn	7,00 — 7,50	Blei	11,45

Da die specifischen Gewichte der harten Legirungen zwischen 8,40 und 8,85 liegen, so muß eine in richtiger Größe aus jenen Legirungen dargestellte Münze

gegen 14 löthiges Silber	um 14	bis 18,25	Proc. zu leicht
„ 12 „ „	„ 12	„ 16,5	„ „ „
„ 9 1/3 „ „	„ 9,5	„ 14	„ „ „
„ 5 „ „	„ 5	„ 10	„ „ „
„ 3,5 „ „	„ 2,66	„ 8,66	„ „ „

ausfallen. Wäre die Münze aus 3 1/2löthigem Silber gemacht, so würde sie gegen 8 1/3löthiges um fast 5 Proc., gegen 9 1/3löthiges um 6 Proc., gegen 12löthiges um 8,66 Proc., gegen 13 1/3löthiges um 10 Proc., gegen 14löthiges um 10,5 Proc. zu leicht sein. Es folgt daraus, daß die größte Gefahr von der Vermünzung leichter Silberlegirungen droht, welche aber dem Fälscher nur bei fabrikmäßigem und daher leichter zu entdeckendem Betriebe einen erheblichen Nutzen abwerfen kann (Karmarsch).

§. 577.

Was die Erkennungsmittel der falschen Münzen an Kennzeichen betrifft, welche von ihrer Darstellungsart herrühren, so läßt sich im Allgemeinen sagen, daß, wenn nachgewiesen werden kann, es sei eine Münze gegossen, damit auch der Beweis ihrer Unächtheit geliefert ist, da ächte Münzen überall durch Prägung dargestellt werden. Eine gegossene Münze läßt sich als solche erkennen durch die stumpfe, in den Zügen abgerundete Beschaffenheit des Gepräges; durch eine gewisse Rauhigkeit der ebnen Fläche und des erhabnen Gepräges, wodurch dieselben ein gekörntes und poröses Aussehen erhalten; durch Stellen, an welchen bei der Gießform kleine Stellen ausgebrochen waren, welche beim Gießen durch Metall ausgefüllt sind; durch Nichtvorhandensein von Randverzierungen. Mit Hülfe der Galvanoplastik aus Kupfer hergestellte falsche Münzen können begreiflicherweise nicht durch die genannten Fehler entdeckt werden, da der galvanoplastische Abdruck stets eine getreue Copie des Originales darbietet; da solche Münzen jedoch nur durch Zusammenlöthen zweier getrennt hergestellter Hälften erhalten werden können, so wird entweder die Randverzierung fehlen oder nachträglich wie bei den durch Guß dargestellten Münzen durch Grabstichel oder Punze angebracht worden sein. Außerdem lassen sich derartige Münzen, wenn sie

überhaupt je vorkommen sollten, leicht durch Farbe und specifisches Gewicht als falsche erkennen.

§. 578.

Durch Prägen hergestellte falsche Münzen können technisch eben so vollkommen in der Ausführung sein wie die ächten. In der Regel finden sich aber kleine Abweichungen in der Zeichnung des Gepräges, den Um- und Aufschriften, dem Aussehen des Randes u. s. w. Nach Karmarsch kommt, obwohl sehr selten, eine eigenthümliche Klasse falscher Münzen vor, die mit directer Benutzung eines ächten Gepräges hergestellt sind; diese sind erhalten 1) entweder durch Zersägen eines ächten Geldstückes parallel zu seinen Flächen, Abfeilen der Rückseiten bis zu sehr geringer Dicke beider Platten und Festlöthen derselben auf einer Scheibe unedlen Metalles, 2) durch Abdrucken beider Flächen der Münze in dünnem Gold- oder Silberbleche und Auflöthen dieser Schalen auf eine Scheibe unedlen Metalles.

Nadelfabrikation.

§. 579.

Die Nadelfabrikation zerfällt in die der Stecknadeln, Nähnadeln, Stricknadeln und Haarnadeln.

§. 580.

Stecknadelfabrikation.

Die Stecknadeln (Glufen, Spendeln, Spennadeln, épingles, *pins*) bestehen wesentlich aus einem Stück Messingdraht (nur in einzelnen Fällen aus geschwärztem oder blau angelassenem Eisendraht), welcher an dem einen Ende zugespitzt, an dem andern mit Kopf oder Knopf versehen ist. Nach dem gegenwärtig gebräuchlichen Fabrikationsverfahren ist der Kopf aus Draht hergestellt und an das Drahtende, den Schaft, angesetzt, selten finden sich Nadeln mit gegossenen Köpfen, oder solchen, die durch Stauchen des Nadelendes entstanden sind. Die Stecknadel unterscheidet sich von der Nähnadel wesentlich dadurch, daß sie anstatt des Oehres einen Kopf hat.

Die Verfertigungsart der Stecknadeln zerfällt in folgende Hauptoperationen:

1) das Richten des Messingdrahtes,
2) das Zerschneiden desselben,
3) das Zuspitzen auf dem Spitzringe,
4) das Zerschneiden in einfache Nadellängen,

5) das Spinnen des Kopfdrahtes zu Röhrchen,
6) das Zerschneiden dieser Röhrchen,
7) das Aufstecken, Befestigen und Rundklopfen der Köpfe.

Die große Anzahl der Operationen, welche eine Stecknadel bis zu ihrer Vollendung durchzumachen hat, ließ voraussetzen, daß eine Maschine, die den rohen Messingdraht selbständig in Stücke schneidet, die Stücke zuspitzt und am andern Ende den Kopf bildet, einen großen Vortheil gewähren würde. Trotzdem, daß man die verschiedensten Stecknadelmaschinen construirt hat, ist man doch zu der Einsicht gekommen, daß es zweckmäßiger sei, die Handarbeit für die Verfertigung der Nadelschäfte beizubehalten und nur die Köpfe durch Maschinen bilden zu lassen. In Birmingham, dem Hauptsitze der Stecknadelfabrikation Englands, war dies in der That das praktische Resultat vielfacher Bemühungen.

Bei den Stecknadeln macht ebenso wie bei den Nähnadeln allein die fabrikmäßige Theilung der Arbeit den niedrigen Preis möglich. Es ist interessant, hierüber die Worte von Adam Smith[1]) zu vernehmen: „Wie gegenwärtig die Stecknadelfabrikation betrieben wird, ist es nicht nur ein eignes Gewerbe, sondern theilt sich in eine Anzahl von Zweigen, welche wiederum eigene Gewerbe sind. Einer zieht den Draht, ein Andrer richtet ihn, ein Dritter schrotet ihn ab, ein Vierter spitzt ihn zu, ein Fünfter schleift ihn am obern Ende, damit der Kopf angesetzt werde; die Verfertigung des Kopfes erfordert zwei oder drei verschiedene Verrichtungen; das Ansetzen dessen ist ein eigenes Geschäft, das Weißsieden der Nadeln ein anderes; ja sogar das Einstecken der Nadeln in Papier bildet ein Gewerbe für sich. So ist das wichtige Geschäft der Stecknadelfabrikation in ungefähr achtzehn verschiedene Verrichtungen getheilt, die in manchen Fabriken alle von eben so vielen verschiedenen Händen vollbracht werden, während in anderen ein einziger Mensch zwei oder drei derselben auf sich nimmt. Ich habe eine kleine Fabrik dieser Art gesehen, wo nur zehn Menschen beschäftigt waren und manche daher zwei oder drei verschiedene Verrichtungen zu erfüllen hatten. Obgleich nun diese Menschen sehr arm und darum nur nothdürftig mit den nöthigen Maschinen versehen waren, so konnten sie doch, wenn sie sich tüchtig dran hielten, zusammen zwölf Pfund Stecknadeln täglich liefern. Ein Pfund enthält über viertausend Nadeln von mittlerer Größe. Es konnten demnach diese zehn Menschen täglich über acht und vierzig tausend Nadeln herstellen. Da Jeder den zehnten Theil von acht und vierzig tausend Nadeln macht,

---

[1]) Adam Smith, Untersuchungen über das Wesen und die Ursachen des Nationalreichthums, Leipzig 1846, Bd. I. S. 12.

so läßt sich's so ansehen, als machte er vier tausend acht hundert Nadeln an einem Tage. Hätten sie dagegen alle einzeln und unabhängig gearbeitet, und wäre keiner für ein besonderes Geschäft angelernt worden, so hätte gewiß keiner zwanzig, vielleicht nicht Eine Nadel täglich machen können, d. h. nicht den zweihundertvierzigsten, vielleicht nicht den viertausendachthundertsten Theil von dem, was sie jetzt in Folge einer geeigneten Theilung und Verbindung ihrer verschiedenen Verrichtungen zu leisten im Stande sind."

§. 581.

Das Richten des Messingdrahtes.

Der von den Messingdrahtfabriken (Seite 331) gelieferte Messingdraht ist in der Regel mit Oxyd bedeckt, welches entfernt werden muß. Da die Schäfte der Nadeln hart und steif sein müssen, so wird der Draht in verdünnter Schwefelsäure abgebeizt und einigemal durch die Löcher eines Zieheisens geführt. Der Kopfdraht ist dünner als der zu den Schäften der Nadeln bestimmte, auch ist eine gewisse Weichheit und Biegsamkeit bei ihm erforderlich.

Um den Draht gerade zu richten (dressement, *straightening*), zieht man ihn auf dem Richtholze (engin), einem viereckigen Brette aus hartem Holze, auf welchem sich Eisenstifte in parallelen Linien in der Weise eingeschlagen befinden, daß sie einen Zwischenraum von der Stärke des zu richtenden Drahtes lassen, zwischen den Eisenstiften hindurch. Für jede Drahtnummer sind begreiflich auf dem Richtholze besondere Stifte vorhanden.

Es wird ein Ring Messingdraht auf einen vertical stehenden Haspel gelegt, der Draht zwischen die Stifte geführt, mit der Richtzange (eine Kneipzange) gefaßt und auf eine Länge von 12—24 Fuß durchgezogen; drauf geht der Arbeiter nach dem Richtholze zurück, kneipt mit der Zange den gerichteten Draht ab und schreitet zum Richten eines neuen Drahtstückes. Die so erhaltenen geraden Stücke werden nebeneinander auf den Fußboden gelegt. Ein geübter Arbeiter vermag in einer Stunde etwa 3600 Fuß Messingdraht zu richten.

§. 582.

Das Zuschneiden des Drahtes.

Das Zuschneiden des Drahtes zu Schäften (tronçons) oder das Zerschroten geschieht mit Hülfe großer Scheeren (Schrotscheeren). Zur richtigen Bestimmung bedient man sich des Schaftmodells (Patronenmaß), eines im Innern durch eine Querwand getrennten hohlen hölzernen Cylinders, dessen eine Abtheilung die doppelte Länge der Nadeln, die andere

aber die einfache Nadellänge besitzt. In dieses Modell bringt man die gerichteten Drahtenden, bringt sie zwischen die Scheere, so daß das Modell unmittelbar an der Scheere liegt, und schneidet sie zu Stücken von der erforderlichen Länge. Ein Arbeiter macht ungefähr 6 Schnitte in der Minute und ist im Stande, in der Stunde 30,000 bis 50,000 Schäfte zu liefern, welche 2, 3 oder 4mal so viel Nadeln geben.

§. 583.
Das Zuspitzen auf dem Spitzringe.

Das Zuspitzen oder Anspitzen (empointage, *pointing*) der Schäfte an beiden Enden geschieht auf der feilenartig gehauenen Peripherie des stählernen Spitzringes (meule), der einen Haupttheil des Zuspitzrades ausmacht. Der Arbeiter nimmt 20, 30 bis 40 Schäfte zwischen die Finger, breitet sie fächerartig auseinander, hält die Enden der Schäfte auf den Spitzring und schleift, unter stetem Drehen der Schäfte zwischen den Fingern, die Spitzen erst an das eine Ende derselben und dann auch an das andere. Diese Arbeit erfordert große Gewandtheit im Drehen und große Geschicklichkeit im Aufhalten auf den Spitzring, damit die Spitzen genau in die Mitte kommen. Die Spitzräder werden durch Treten oder durch Dampf- oder Pferdekraft in Bewegung gesetzt. Der durch längeren Gebrauch stumpf gewordene Spitzring erlangt durch Beizen mit verdünnter Salpetersäure wieder einige Schärfe.

§. 584.
Das Zerschneiden der Schäfte in einzelne Nadellängen.

Nachdem die Schäfte an beiden Enden zugespitzt sind, bringt man sie in die kleinere Abtheilung des Schaftmodells (§. 582) und zerschneidet sie mit Hülfe der Schrotscheere zu einzelnen Nadellängen (hanses). Hatten die Schäfte nun die doppelte Nadellänge, so erscheinen die durchschnittenen Schäfte einfach als Nadeln ohne Köpfe. Besaßen die Schäfte dagegen die dreifache Nadellänge, so wird das stumpfe Ende nochmals gespitzt und der Draht darauf noch einmal durchschnitten.

§. 585.
Das Spinnen des Kopfdrahtes und Zerschneiden desselben zu Röhrchen.

Die Köpfe der Stecknadeln bestehen aus einem künstlich zusammengedrehten Gewinde von feinem Messingdraht (Kopf- oder Knopfdraht). Dieser Draht wird zuerst über einem geraden Messingdrahte (Kopfspindel,

mould) von der Dicke der Nadelschäfte zu Spiralen (Spindeln, *heading*) gewunden, welche zu 20 bis 30 auf einmal zwischen eine Scheere mit dünnen Blättern gebracht und in einzelne Stücke von zwei Windungen getheilt werden, von denen eine jede einen Nadelkopf bildet. Der Draht wird vor dem Spinnen durch Ausglühen geschmeidig gemacht und dann auf dem Kopf- oder Knopfrade (tour à tête) gesponnen. Dieses Rad ist eine Art Handspinnrad, aus einem großen Rade und einer eisernen Spindel bestehend, an welcher letzteren der zu spinnende Draht befestigt wird. Wird durch Treten das Rad in Bewegung gesetzt (bis zu 120 Drehungen des Rades in der Minute), so macht die Spindel in der Minute etwa 1760 Umläufe und windet den geschmeidigen Draht eben so viel Mal und zwar eben so leicht um sich, wie sich gesponnenes Garn um eine Spindel oder Spule wickelt. Ist die Spindel voll, so zieht man den gesponnenen Draht ab, läßt neuen sich aufwinden u. s. f. Eine geübte Arbeiterin kann den Draht zu 36,000 Nadelköpfen in einer Stunde spinnen. Die geschnittenen Spindeln werden in einer eisernen Kelle über glühenden Kohlen gelinde erhitzt, damit sie sich bei der nachfolgenden Bearbeitung besser an den Schaft anschmiegen. Man wirft sie noch heiß in sehr verdünnte Schwefelsäure, um sie blank zu beizen, spült sie ab und trocknet sie.

§. 586.

Das Befestigen der Köpfe an den Nadeln.

Die Vereinigung des Kopfes mit dem Schafte, das Anköpfen oder Anstampfen, geschieht mit Hülfe eines kleinen Fall- oder Schlagwerkes, der sogenannten Wippe (têtoir), welche von einem Kinde oder einer Arbeiterin bedient und mit dem Fuße in Bewegung gesetzt wird. Die Wippe hat im Wesentlichen folgende Einrichtung. Auf einem kleinen, aber soliden Tische befindet sich ein Unterstempel aus Stahl, welcher eine halbkugelförmige Höhlung von der halben Größe des Nadelkopfes und zugleich noch eine von der Höhlung ausgehende Rinne von der Dicke des Schaftes enthält. Am untern Ende einer vertikalen, oben durch eine 10 — 15 Pfund schwere Bleikugel beschwerten Stange ist der stählerne Oberstempel angebracht, welcher ebenfalls die halbkugelförmige Höhlung von der Größe des halben Nadelkopfes, aber ohne Rinne enthält. Ist der Oberstempel auf den Unterstempel herabgelassen, so bildet sich im Innern eine Kugelform, welche genau dem herzustellenden Nadelkopfe entspricht und von welcher eine Kerbe von der Dicke des Schaftes ausgeht. Der Arbeiter hat auf der einen Seite in zwei Gefäßen die geschnittenen Köpfe und die angespitzten Schäfte; er ergreift einen Schaft und spießt einen der Spiralköpfe auf, welcher sofort nach dem

Kopfende hingeschoben wird; er hebt durch den Tritt den Oberstempel, legt die Nadel so in den Unterstempel, daß der Kopf die halbe Kugelhöhlung und der Schaft die Rinne bedeckt, und giebt mit dem Oberstempel drei bis sechs Schläge, wobei er zu gleicher Zeit die Nadel in der Höhlung dreht. Dadurch bildet sich der Kopf kugelförmig aus und die Spiralen pressen sich in der Weise zusammen, daß an der fertigen Nadel nur noch eine feine Linie die Spiralen andeutet; durch den großen Druck hat ferner die genaue Vereinigung des Kopfes mit dem Schafte stattgefunden. Die scheinbar so mühsame Arbeit des Anköpfens geht bei erlangter Fertigkeit des Arbeiters so schnell von statten, daß ein Arbeiter täglich 10 bis 15,000 Nadeln mit Köpfen versehen kann.

§. 587.

Hierbei seien auch die Maschinen erwähnt, bei welchen die Bildung des Kopfes der Nadel nach einem ganz verschiedenen Principe, nämlich durch Aufstauchung des stumpfen Endes des Nadelschaftes selbst, mittelst eines von einem Stempel ausgeübten Druckes erfolgt. An die Stelle des in der Regel kugelrunden Kopfes trat hierbei fast unvermeidlich ein gedrückt birnenförmiger. Nach diesem Principe wurden schon im Jahre 1818 in Nordamerika Stecknadeln fabricirt. Später wurden zahlreiche Maschinen construirt, bei welchen die Kopfbildung durch Aufstauchen vor sich ging, so lieferte eine Maschine von Wright (1824) 40 fertige Nadeln in der Minute, eine andere von Newton (1844) 60 in derselben Zeit, ein Resultat, welches als das günstigste betrachtet werden kann, welches bisher erreichbar gewesen war. Zieht man aber in Betracht, daß nach der Erfahrung bei derartigen Maschinen mindestens zwei Fünftheile der Arbeitszeit durch Störungen und Stockungen des Betriebes in Folge von Reparaturen verloren gehen, so wird man im Durchschnitte höchstens 36 Stück Nadeln als Resultat einer Minute annehmen dürfen. Bei voller Arbeitszeit wird demnach eine solche Maschine zur Herstellung von 100,000 Stecknadeln ungefähr 48 Stunden bedürfen.

In der „Gegenwart[1]" befindet sich mit Zugrundelegung von Berechnungen von Babbage[2]) folgende interessante Vergleichung des Zeitaufwandes bei der Fabrikation der Stecknadeln durch Handarbeit und durch Maschinen. Nach der älteren Methode braucht man zur Herstellung von 100,000 Stecknadeln 136 Stunden, nämlich

---

[1]) Die Gegenwart, Bd. VIII, Leipzig 1853, S. 191.

[2]) Ch. Babbage, über Maschinen- und Fabrikenwesen, Berlin 1833, S. 187.

zum Richten des Drahtes	3,5	Stunden
zum Schneiden der Drähte	1	„
zum Spitzen	26,5	„
zum Zerschneiden der gespitzten Drähte	8	„
zum Spinnen des Kopfdrahtes	3	„
zum Schneiden der Köpfe	3	„
zum Aufsetzen der Köpfe	91	„
	136	Stunden.

Daraus folgt, daß die Anfertigung von Stecknadeln durch reine Handarbeit beinahe das Dreifache an Zeit von Dem beansprucht, was die Herstellung durch Maschinenarbeit verlangt. Zu gleicher Zeit ergibt sich auch, daß zwei Dritttheile der Zeit allein zum Anköpfen erforderlich sind. Da nun durch die Maschine auch das Spinnen und Zerschneiden des Kopfdrahtes erspart wird, muß man zu jenen 91 Stunden, welche das Anköpfen verlangt, noch 6 Stunden (nämlich 3 + 3) addiren und erhält so 97 Stunden, welche nach alter Art der Verfertigung der Stecknadeln mit Bildung und Aufsetzen der Köpfe verstreichen. Dieser Antheil ist gegenüber den übrigen Arbeiten gewiß ein sehr beträchtlicher. Dabei läßt sich das Anstauchen der Köpfe leicht und mit Schnelligkeit durch eine Maschine verrichten, welche natürlich weit einfacher und billiger ist, als eine die Nadeln von Grund aus fertigende. In den englischen Stecknadelfabriken (Birmingham) bedient man sich daher nicht mehr der äußerst complicirten Maschinen zur vollständigen Anfertigung der Stecknadeln, sondern benutzt nur noch Kopfmaschinen zum Anköpfen, welche je nach der Größe der Nadeln 100—160 Köpfe in der Minute geben.

Da dort das Richten, Schneiden und Zuspitzen der Drähte durch Handarbeit, das Uebrige durch Maschinenarbeit verrichtet wird, so hat man nach dem gegenwärtigen englischen Verfahren auf 100,000 Stecknadeln an Arbeitszeit zu rechnen

Handarbeit nach obiger Zusammenstellung (3,5 + 1 + 26,5 + 8)	39	Stunden
Maschinenarbeit (Spinnen, Zuschneiden und Aufsetzen der Köpfe)	22	„
im Ganzen	61	Stunden

mithin weniger als die Hälfte der Zeit, welche bei reiner Handarbeit erforderlich wäre, abgesehen von dem zu letzterer erforderlichen weit größeren Arbeiterpersonal.

§. 588.

Man hat das Anköpfen auch durch das Angießen zu ersetzen versucht. Die Masse zum Gießen ist eine Legirung aus antimonhaltigem Blei mit Zinn. Harris erhielt für diese Methode 1797 das erste Patent.

Später wurde sie durch Migeon in Aachen ausgebildet. Auch Altmütter hat über das Angießen der Köpfe zahlreiche Versuche angestellt und spricht sich im Allgemeinen günstig über dieses Verfahren aus. Die gegossenen Köpfe sind aber weder so glatt und rund und besitzen selten die feste Verbindung mit dem Schafte, wie es bei den angeköpften Nadeln der Fall ist.

Die fertigen Stecknadeln werden darauf gereinigt und durch Weißsud (Seite 379) verzinnt.

Die Nadeln werden entweder als Gewichtsnadeln d. h. nicht in Briefe gebracht, oder reihenweise in Papier eingestochen, als Briefnadeln in den Handel geliefert. Um die Nadeln einzubriefen (bouter, encarter, *papering*), bringt man eine gewisse Anzahl davon auf einen stählernen Kamm (Stechkamm, quarteron). Beim Schütteln desselben fällt ein Theil in ein darunter befindliches Gefäß, ein anderer Theil bleibt mit den Köpfen zwischen den Zinken des Kammes hängen. Wenn sie so in paralleler Richtung aufgereiht sind, wird die erforderliche Anzahl zwischen zwei Eisenschienen gelegt, welche in gleichen Abständen 25 kleine Rinnen haben; nach vorgängiger Zusammenlegung des Papiers wird dieses gegen die Spitzen der Nadeln gedrückt, bis sie durch die Falze hindurch sind. An anderen Orten wird das zusammengefaltete Papier in die Spalte einer elastischen hölzernen Klammer (Klopfe) geschoben, so daß nur die Biegungen herausragen, worauf die Klammer an dem Klammerbrette in Haken festgelegt wird und die Nadeln aus freier Hand eingesteckt werden.

Ein Kind ist im Stande, in der Stunde bis über 3500 Nadeln zu stecken.

§. 589.

Man verlangt an einer guten Stecknadel eine feine glatte Spitze, damit sie die Stoffe, welche sie zusammenhalten soll, nicht ausfasere und beschädige, der Kopf soll rund und ohne alle rauhen Stellen sein, der Schaft glatt und von gehöriger Steifheit. Je nach der Verwendung giebt es zahlreiche Arten von Stecknadeln, so z. B. Anschlagnadeln für Tapezierer, die kurz sind und dick, Bandnadeln, sehr klein und dünn, Insectennadeln, sehr lang und dünn zum Aufspießen von Insecten ꝛc. [1])

---

[1]) Eine vorzügliche, mit getreuen Abbildungen versehene Beschreibung der Stecknadelfabrikation nach dem älteren Verfahren befindet sich in J. H. G. von Justi, Schauplatz der Künste und Gewerbe, 1762, Bd. I. S. 193—294.

§. 590.
Nähnadelfabrikation.

Die Nähnadeln (aiguilles, *needles*) werden theils aus Stahldraht, theils aus Eisendraht hergestellt, in welchem letzteren Falle sie durch Cementation gestählt werden müssen. Die Verfertigung der Nähnadeln zerfällt in folgende Operationen:

1) das Aufhaspeln des Drahtes,
2) die Herstellung der Schafte,
3) das Geraderichten der Schafte,
4) das Spitzen der Schafte auf der Schleifmühle,
5) das Halbiren des Schaftes,
6) das Bilden des Oehres,
7) das Härten,
8) das Poliren,
9) das Brauniren der Nadeln.

Es ist leicht begreiflich, daß mehrere Arbeiten bei der Nähnadelfabrikation mit denjenigen der Herstellung der Stecknadeln übereinstimmen. Der zur Nähnadelfabrikation dienende Stahldraht wird in Ringen (bottes, *coils*) bezogen und auf seine Tauglichkeit probirt, indem man von jedem Ringe einige Stücke abschneidet, dieselben glüht und durch Eintauchen in kaltes Wasser härtet. Durch das Zerbrechen der gehärteten Drahtenden zwischen den Fingern giebt sich aus der größeren oder geringeren Sprödigkeit die Qualität des Drahtes zu erkennen. Die zu spröden Drahtsorten können nur zu gewissen Nadelsorten Verwendung finden.

§. 591.
Vorbereitende Arbeiten.

Der Draht wird dann ebenso wie in der Stecknadelfabrikation auf dem Richtholze gerichtet. Der gerichtete Draht wird mit Hülfe der Schrotscheere an zwei gegenüberliegenden Punkten durchschnitten, wodurch er in zwei Büschel zerfällt, von welchen ein jedes 8 bis 9 Fuß lang ist und 90 bis 100 Drahtstücke enthält. Diese Drahtstücke werden mit Benutzung des Schaftmodells (Seite 554), um die richtige Länge der Stücke herstellen zu können, in die sogenannten Schafte zerschnitten, welche die doppelte Länge der zu fabricirenden Nadeln haben. Ein geübter Arbeiter vermag in einer Stunde 40,000 Schafte herzustellen, welche 80,000 Nadeln geben. Die Schafte sind ein wenig gekrümmt und müssen vor weiterer Verarbeitung gerade gerichtet werden. Zu dem Ende bindet man 5000 bis 6000 Schafte zu einem

runden Bündel zusammen, das durch zwei starke eiserne Ringe zusammengehalten wird. Diese Bündel werden schwach geglüht, um den Stahldraht weich zu machen und darauf zwischen einer horizontalen festliegenden und einer darüber befindlichen beweglichen Platte (Streicheisen) fünf- bis sechsmal hin- und hergerollt. Dadurch wird das Geraderichten aller in dem Bündel befindlichen Drähte bewirkt, wobei zugleich der Glühspan beseitigt wird.

§. 592.
Zuspitzen der Schachte.

Darauf folgt das Zuspitzen (dégrossir) der Schachte auf der Schleifmühle (aiguiserie), in welcher sich zu dem Ende eine Anzahl dichtkörniger, ziemlich harter Schleifsteine von je 6—30 Zoll Durchmesser und 4—5 Zoll Dicke befinden. Man läßt die 6zölligen Schleifsteine gegen 4000, die 30zölligen 1000—1200 Umdrehungen in der Minute machen, um die Arbeit zu fördern, so daß jeder Theil der Peripherie der Steine in der Sekunde einen Weg von 100 bis 150 Fuß zurücklegt. Der vor dem Schleifsteine sitzende Arbeiter faßt zwischen Zeigefinger und Daumen ungefähr 40 bis 50 Schachte und hält dieselben ausgebreitet mit dem Boden flach an den Stein, während er mit dem Daumen den Drähten eine rollende Bewegung giebt, wodurch die Spitzen rund werden und sich von allen Seiten gleichmäßig verjüngen. Es muß trocken geschliffen werden, weil die Nadeln sonst rosten würden. Dieses Trockenschleifen ist wegen des entstehenden Stahl- und Steinstaubes eine sehr ungesunde Arbeit. Eine einfache und sehr zweckmäßige Vorrichtung, den Staub zu entfernen, besteht darin, den Schleifstein mit einem Kasten aus starken Eisenplatten zu umgeben, der überall geschlossen ist, mit Ausnahme einer kleinen Oeffnung, durch welche die zuzuspitzenden Drähte eingehalten werden. Durch das schnelle Umdrehen des Steines wird auch die umgebende Luft in Centrifugalbewegung versetzt, wodurch die Vorrichtung einem Ventilator ähnlich wirkt; ein in der Richtung der Tangente angebrachtes Abzugsrohr führt den Staub in den Schornstein. Der eiserne Kasten, welcher den Schleifstein umgiebt, schützt zugleich, wenn durch die Wirkung der Centrifugalkraft der Stein zerrissen werden sollte, in welchem Falle die umhergeschleuderten Steintrümmer unglaubliche Verheerungen anrichten können. — In französischen Fabriken soll man durch Wasserdämpfe, die man in das Arbeitslocal leitet, das Niederschlagen des in der Luft schwebenden Staubes erreichen. Westcott machte den Vorschlag, in der Nähe der Schleifsteine mehrere mit Oel bestrichene Magnete anzuwenden, welche rasch den Eisen- und Steinstaub anziehen, der beim Zuspitzen sich bildet. Die magnetische Kraft erstreckt sich natürlich nur auf die Eisentheilchen. Diese reißen aber den Stein-

staub, womit sie vermischt sind, mit sich fort, so daß der Magnet den Eisenstaub, das Oel den Steinstaub festhält.

Ein gewandter Arbeiter spitzt täglich an 15,000 Schachte, demnach an 30,000 Nadeln zu.

§. 593.

Halbiren der Schachte und Bildung des Oehrs.

Die zugespitzten Schachte werden mit einer Scheere (Halbirscheere) genau in der Mitte von einander geschnitten, worauf zur Bildung des Nadelöhrs oder Auges (oeil, trou, chas, *eye*) geschritten wird. Als Vorbereitung zur Bildung des Oehrs bewirkt man durch einige Hammerschläge die Abplattung des obern stumpfen Endes der Nadel. Diese Arbeit heißt das Pflöcken (palmer). Sodann wird durch das Einschlagen (marquer) der Ort, an welchen das Oehr kommen soll, vorgezeichnet, indem die Nadel mit dem flachen Ende auf einen spitzen stählernen Dorn gelegt und mit dem Hammer leicht geschlagen wird. Darauf folgt das Aushacken (troquer) des Oehres. Hierzu dient ein kleiner Durchschlag (Ausschlageisen) genau von der Gestalt des Oehres. Der Arbeiter, gewöhnlich ein Knabe oder ein Frauenzimmer, legt die Nadel auf ein Stück Blei, setzt den Durchschlag auf und schlägt ihn mit dem Hammer hindurch, wobei das ausgeschlagene Nadelstückchen sich in das Blei hineindrückt. Damit das Oehr eine regelmäßigere Gestalt erhalte und sich genau nach dem Durchschlag bilde, wird der Kopf der Nadel mit dem noch darin befindlichen Durchschlag seitwärts auf den Ambos gelegt und mit dem Hammer ein gelinder Schlag darauf gegeben; die Nadel wird umgewendet und auch auf die andere Seite ein Hammerschlag gegeben. Manche Nadelöhre werden auch mit dem Drillbohrer (Rennspindel, trépan, *upright drill*) gebohrt. Nach Bildung des Oehres wird die Nadel am Kopfende rund gefeilt (geweißt) und zugleich auf jeder Seite die zur Erleichterung des Einfädelns dienende, vom Oehr auslaufende Kerbe oder Rinne (Fitze, cannelure) eingefeilt. In einigen Fabriken bedient man sich gegenwärtig eines kleinen Fallwerkes, um die Kerbe zu bilden; zu l'Aigle in Frankreich hat man selbst ein Stoßwerk eingeführt, wodurch das Oehr selbst gebildet wird. Mit Hülfe dieser Maschine sollen zwei Kinder täglich 12,000 bis 15,000 Nadeln mit dem Oehr versehen können.

Obschon das Lochen und Befeilen der Nadeln durch Handarbeit zu den langwierigsten Arbeiten der Nähnadelfabrikation gehört, so ist doch ein geübter Arbeiter mit einem Kinde im Stande, täglich an 1500 bis 2000 Nadeln mit Oehr und Kerbe zu versehen.

§. 594.
Härten der Nadeln.

Die fertigen Nähnadeln aus Stahldraht werden gehärtet; dies geschieht, indem man Haufen von 250,000 bis 300,000 Stück auf Tafeln aus Schwarzblech rothglühend macht und sie dann schnell in kaltem Wasser ablöscht. Nadeln aus Eisendraht werden durch Einsetzen (vergl. Seite 70) gehärtet; man bringt sie zu dem Ende in Kasten von Eisenblech mit der sogenannten Härte (eine Mischung von Alkalisalzen, phosphorsäurehaltigen und cyanbildenden Substanzen wie Seife, geraspelte Ochsenklauen und gestoßene Eierschalen) schichtenweise zusammen, glüht einige Stunden und schüttet den Inhalt in kaltes Wasser. Da die Nadeln nach dem Ablöschen Glashärte und somit große Sprödigkeit erlangt haben, so müssen sie dem Adouciren (Nachlassen; vergl. Seite 37) oder dem Erhitzen bis zum Dunkelviolettanlaufen unterworfen werden. Man giebt entweder eine gewisse Menge gehärteter Nadeln in eine eiserne Pfanne oder in eine Blechtrommel, fügt etwas Schmalz hinzu und erhitzt unter fortwährender rüttelnder oder drehender Bewegung, bis das Fett abgebrannt oder abgeraucht ist. Nach einem anderen Verfahren, das jedoch in der Ausführung große Sorgfalt erfordert, werden die Nadeln auf einer dunkelrothglühenden Platte ausgebreitet und nach einiger Zeit in kaltes Wasser gebracht. Nach dem Härten werden die gekrümmten Nadeln durch gelindes Hämmern auf einem kleinen Ambos wieder gerade gerichtet, stark verzogene Nadeln aber beseitigt.

§. 595.
Scheuern oder Poliren der Nadeln.

Die letzte Operation der Nähnadelfabrikation ist das Scheuern oder Poliren der Nadeln auf der Scheuermühle (Schauer- oder Schormühle), einem Apparat, welcher mit einer Wäschmange große Aehnlichkeit hat. Es werden vor Allem die Nadeln in regelmäßig parallele Lage gebracht, zu welchem Behufe man sie in eine nur wenig gewölbte blecherne Mulde bringt und darin mit einer eigenthümlichen Bewegung einige Mal hin- und herschüttelt, wodurch sie in kürzester Zeit parallel liegen. Man schichtet einige Hunderttausend der parallel liegenden Nadeln auf einer Unterlage von grober fester Leinwand in mehreren Lagen mit scharfem Sande, befeuchtet das Ganze mit Rüböl und macht daraus durch Umwickeln mit Bindfaden und Zubinden des Endes wurstförmige Ballen von etwa 2 Fuß Länge und 3—6 Zoll Dicke, welche in der Scheuermühle zwischen zwei horizontalen Tafeln 12 bis 18 Stunden hin- und hergerollt werden. Die gescheuerten Nadeln werden in einem um seine

Are drehbaren Fasse mit Sägespänen so lange bewegt, bis aller anhängende Sand und Oel beseitigt sind und die Nadeln blank erscheinen. Um die Nadeln von den Sägespänen zu reinigen, wendet man einen Apparat an, der einer gewöhnlichen Getreidereinigungsmaschine ähnlich construirt ist, in welchem durch den Luftzug die Sägespäne vollständig entfernt werden. Die Nadeln werden wieder parallel gelegt, nochmals mit Sand und Oel geschichtet und die genannte Operation siebenmal wiederholt. Darauf scheuert man die Nadeln noch dreimal mit Kleie. In den englischen Nähnadelfabriken wendet man zum Scheuern anfangs ein Gemisch von Granit- und Smirgelpulver, später Smirgel und Baumöl, darauf Zinnasche mit wenig Oel und zuletzt Kleie an. In den deutschen Fabriken ist das letzte Scheuern ein Poliren, wobei die Nadeln nicht mit Sand, sondern mit Eisenroth (vergl. Seite 390), Zinnasche und Oel eingepackt werden. Das Waschen der Nadeln mit Seifenwasser, Abtrocknen mit Sägespänen und Abwischen jeder einzelnen Nadel mit einem leinenen Läppchen macht den Beschluß des Polirens.

§. 596.
Sortiren und Brauniren der Nadeln.

Die gescheuerten und polirten Nadeln werden sortirt, um gekrümmte, zerbrochene und überhaupt fehlerhafte Nadeln zu beseitigen. Das Sortiren geschieht auf folgende einfache Weise: Der Arbeiter — ein Kind — legt eine kleine Anzahl Nadeln vor sich hin, drückt sie mit dem einen Zeigefinger leicht nieder und berührt sie mit dem Zeigefinger der rechten Hand, der in einer Tuchkappe steckt. Diejenigen Nadeln, deren Spitzen nach rechts liegen, dringen in das Tuch und können so leicht von den übrigen getrennt werden. Um die abgebrochenen Nadeln zu beseitigen, werden einige Tausend Stück in einem eisernen Ring von zwei Zoll Durchmesser eingesetzt; mit dem so entstandenen Paquet klopft man mit der Oehrseite auf den Tisch, und betrachtet genau die Spitzen; die kürzeren Nadeln werden leicht bemerkt und mit einem Haken am Oehre herausgezogen. Nadeln mit abgebrochenen Spitzen werden wieder angespitzt und als eine ordinäre Sorte in den Handel gebracht.

Beim Verpacken werden die Nadeln hundertweise in Papierpaquete (Briefe) eingeschlagen. Um das zeitraubende Abzählen zu ersparen, benutzt man entweder ein eisernes Lineal mit hundert dicht neben einander liegenden Furchen, genau von der Dicke der Nadeln, oder man bedient sich einer genauen Wage, indem man als Gewichtsstück 100 Nadeln anwendet.

Ehe die Briefe geschlossen werden, wird den Nadelspitzen durch das Brauniren (bleuir) die durch das Scheuern und Poliren verloren gegangene Schärfe wieder ertheilt. Der Arbeiter hält zu dem Zwecke 25 Nadeln

auf einmal an einen kleinen schnell rotirenden Schleifstein von quarzigem Glimmerschiefer, der entweder cylindrisch oder von quadratischem Querschnitte ist. In letzterem Falle wirken die vier Kanten bei dem schnellen Rotiren des Steines den Zähnen einer Feile ähnlich. Der dadurch an den Spitzen entstehende feine Schleifstrich unterscheidet sich sichtbar von der Politur der übrigen Theile.

Man verlangt von einer guten Nähnadel, daß sie möglichst hart sei, damit sie sich nicht zu leicht verbiege, daß sie aber auch keine zu große Sprödigkeit besitze, damit sie nicht leicht zerbreche; ferner, daß sie vom Oehrende an nach der Spitze zu fast unmerklich sich verjünge, folglich nur äußerst wenig von der cylindrischen Gestalt abweiche, daß sie glatt und blank sei, daß die Spitze genau in ihrer Achse liege und daß sie endlich ein proportionirliches Oehr habe, welches keine scharfe Kante besitzt.

In den drei Bezirken in Deutschland, in denen die Nähnadelfabrikation ausschließlich betrieben wird, beschäftigt sie über 300 Menschen, welche jährlich an 1500 Millionen Nähnadeln liefern. Jene Bezirke sind Westphalen, Rheinpreußen und Mittelfranken. In Westphalen sind Iserlohn und Altona die Brennpunkte der Nähnadelfabrikation, in Rheinpreußen Aachen und Burtscheid, in Mittelfranken Nürnberg und Schwabach.

§. 597.

Stricknadel- und Haarnadelfabrikation.

Die Fabrikation der Stricknadeln (aiguilles à tricoter, *knitting needles*) fällt im Allgemeinen mit der Fabrikation der Nähnadeln zusammen, nur ist die Arbeit einfacher, da hierbei die Bildung des Oehrs wegfällt. Der Eisen- oder Stahldraht wird mit Hülfe des Schachtmodelles in Stücke von der gehörigen Länge zerschnitten, die Schachte werden gerichtet, an beiden Enden angeschliffen, je nachdem das Material Stahl oder Eisen war, gehärtet oder eingesetzt und endlich gescheuert und polirt. Gute Stricknadeln müssen, wie eine gute Klinge, sich biegen und wieder ihre vorige Richtung annehmen, auch eine glatte und vollkommen reine Oberfläche besitzen. Das Verpacken geschieht in Paqueten zu 10 Gestricken oder 50 Stück. In Rücksicht auf die Länge der Stricknadeln unterscheidet man Kopfnadeln (broches à tricoter) zu 21, 18, 15 und 12 Zoll Länge mit messingenen Köpfen, Haubennadeln zu 9 Zoll Länge, gewöhnliche Stricknadeln zu 7—8 Zoll Länge. Hinsichtlich der Dicke unterscheidet man viele Nummern (23), welche man von 7 Null bis 1 Null, dann fortlaufend von 1 bis 16, welche die dünnsten sind, bezeichnet.

Die Haarnadeln (épingles à friser, *hair pins*) werden auf sehr

einfache Weise hergestellt. Es wird Eisendraht vermittelst des Schachtmodells in gleich lange Stücke geschnitten, die Stücke werden an beiden Enden zugespitzt und über einer Klammer zusammengebogen, um ihnen die gebräuchliche Gestalt zu geben. Man schwärzt sie entweder mit Leinöl, indem man die Haarnadeln damit benetzt, sie in eine stark erhitzte Pfanne aus Blech wirft, und sobald sie zu rauchen beginnen, umschüttelt. Das Umschütteln und Erhitzen wiederholt man, bis die Oberfläche der Nadeln schwarz und glänzend geworden ist. Oder man läßt sie blau anlaufen.

Schlösserfabrikation.

§. 598.

Die Herstellung der Schlösser (serrures, *locks*) bezieht sich auf die in der Schlosserei angewendeten Arbeiten, durch welche das geschmiedete Eisen in die erforderliche Gestalt gebracht, durch Feilen und Abdrehen bearbeitet und zuletzt auf der Oberfläche polirt und verfeinert wird. Bei fabrikmäßigerem Betriebe werden einzelne Theile der Schlösser vermittelst Maschinen hergestellt, doch entsprechen im Allgemeinen derartige Schlösser nur selten den Anforderungen, welche man an gute Schlösser zu stellen berechtigt ist.

Ursprünglich bediente man sich wol des Riegels (pêne, verrou, *bolt*) zum Verschließen von Thüren und Kästen. Der Riegel ist aber als Verschlußmittel äußerst unsicher, da der Riegel auch von der andern Seite der Thüre zurückgeschoben werden kann, sobald man mit einem spitzigen Instrument durch eine Oeffnung oder Ritze der Thüre den Riegel berühren kann. Es lag demnach nahe, den Riegel mit einem Gehäuse zu umgeben, in welchem eine Oeffnung (das Schlüsselloch, entrée, *key-hole*) gelassen wurde, die nur einem besondern zu diesem Zwecke angefertigten Instrumente, dem Schlüssel (clef, *key*) den Eintritt gestattet, um den Riegel hin und her zu bewegen. Eine derartige Vorrichtung, aus Riegel, Schlüssel und Gehäuse bestehend, wird mit dem Namen Schloß bezeichnet. Um zu verhindern, daß aufwärts stehende Riegel nicht durch ihr eigenes Gewicht oder durch einen leichten Stoß herunterfielen, brachte man eine Feder an, welche auf den Riegel drückt. Diese ursprünglichen Schlösser nennt man deutsche Schlösser.

§. 599.

An dem Riegel unterscheidet man folgende Theile: a) den Kopf (tête), das Ende des Riegels, das durch sein Hervortreten das Schließen bewirkt und einfach oder 2 oder 3 Mal gespalten ist, b) den Schaft (queue),

worunter man den übrigen Theil des Riegels versteht; an dem Schlüssel a) den Bart (panneton, *bit*), b) das Rohr (canon) oder den Schaft (bout), c) den Ring oder die Raute (anneau); in der Regel befinden sich unter dem Ringe das Gesenk, eine aus 2 — 3 Reifen bestehende Verzierung, welche zugleich häufig auch den Zweck hat, anzugeben, bis wie weit der Schlüssel in das Schloß eindringen soll. Sobald der Schlüssel in dem Schlüsselloche gedreht wird, bewirkt er die Bewegung des Riegels entweder dadurch, daß sein Bart an einen am Riegel angebrachten Zahn, den sogenannten Angriff (barbe), oder daß er in einen Einschnitt des Riegels greift.

Eine Umdrehung des Schlüssels wird Tour (tour) genannt; man nennt deshalb die Schlösser auch ein- oder zweitourige, je nachdem eine oder zwei Umdrehungen des Schlüssels nothwendig sind, um den Riegel vollständig hin- und herzuschieben. Ist der Schlüsselschaft hohl, so heißt der Schlüssel ein Rohrschlüssel (serrure à broche); in diesem Falle befindet sich in dem Schlüsselloch ein eiserner Dorn (broche, *pin*), welcher möglichst genau die Höhlung des Schlüsselschaftes ausfüllt. Ist die Höhlung des Rohrschlüssels kreisförmig, so heißt der Schlüssel ein gebohrter. Diese Schlüssel besitzen den Vortheil, daß der Zugang zum Schlosse durch Dieteriche, Hauptschlüssel und Sperrzeuge schwieriger ist; die Herstellung jedoch eines Nachschlüssels mit passendem Rohre, selbst die Auffindung eines geeigneten Schlüssels unter jedem größeren Schlüsselvorrathe ist mit wenig Schwierigkeiten verknüpft. Eine größere Sicherstellung tritt ein, wenn in das Rohr ein zweites kleineres Rohr excentrisch eingesetzt und der eiserne Dorn im Schlosse mit einem Rohre umgeben wird, oder wenn man das Schlüsselrohr und den Dorn schweift, d. h. eine andere als eine runde Gestalt giebt, z. B. eine kreuz-, prisma-, kleeblatt-, rosettenförmige u. dergl., wodurch geschweifte, figurirte oder façonnirte Schlüsselrohre entstehen, bei welchen, wie es sich von selbst versteht, der Dorn sich mit dem Schlüssel dreht und nicht, wie ein Dorn mit kreisrundem Durchschnitte, fest im Schlosse stehen kann. Dem allgemeinen Gebrauche der geschweiften Schlüsselröhre steht der hohe Preis derselben entgegen, da diese Schlüssel nebst den dazu gehörigen Dornen und Nebentheilen viel Arbeit erfordern, zu der außerdem zum Theil besondere Werkzeuge erforderlich sind. Würde man eine geringe Anzahl von Werkzeugen anwenden, so würden viele Schlösser übereinstimmend ausfallen und ihr Werth als Sicherungsmittel dadurch abnehmen.

Bei massiven Schlüsseln (serrure bénarde), den gegenwärtig bei weitem

gebräuchlicheren, ist in dem Schloß ein Rohr (canon) angebracht, in welchem der Schlüssel sich dreht.

§. 600.

Unter den Vorrichtungen im Innern des Schlosses, deren man sich bedient, um jedem nicht entsprechend geformten Schlüssel Hindernisse darzubieten, damit derselbe nicht zum Riegel gelangen kann, sind die Eingerichte oder Besatzungen (garnitures, gardes, *wards*) zu erwähnen. Man versteht darunter gewisse im Innern des Schlosses angebrachte Bleche, nach denen der Bart des Schlüssels durchbrochen sein muß, wenn er im Schlosse gedreht werden soll. Sie bestehen in der Regel aus kreisförmig gebogenen Blechen, die inwendig im Schloß, rund um das Schlüsselloch, angebracht sind, so daß sie sich an den Schlüsselbart anlehnen und dessen Umdrehung verhindern, wenn nicht der Bart mit den correspondirenden Einschnitten oder Durchbrechungen versehen ist. Je nach der Stellung der Einschnitte giebt man den Besatzungen verschiedene Namen, so unterscheidet man Mittelbruchbesatzung, Reifbesatzung u. s. w. Bei ersterer befindet sich im Schlüsselbarte ein langer Einschnitt (Mittelbruch, planche), welcher, rechtwinklig gegen das Rohr, den Bart in zwei Theile theilt; von diesem Einschnitte gehen gewöhnlich auf- und abwärts kürzere Einschnitte (pertuis) aus. Bei der Reifbesatzung sind die Einschnitte an den mit dem Mittelbruche parallelen Rändern des Bartes, den Reifen (rouets) angebracht. Die Anordnung der Eingerichte läßt scheinbar eine unendliche Mannigfaltigkeit zu, weil alle Zusammensetzungen der Blechstreifen und jede beliebige Ausfeilung des Bartes, vorausgesetzt, daß derselbe dadurch nicht zu sehr geschwächt werde, möglich erscheinen. In der Ausführung zeigen sich aber große Schwierigkeiten, indem das Krümmen und Biegen der Bleche in Gesenken und mit Hülfe anderweitiger Hülfswerkzeuge geschehen muß, welche fast zu jeder Besatzung eine andere Form haben müssen, wenn nicht viele Schlösser gleiche Besatzung haben sollen. Wenn die Besatzungen zweckmäßig und mit Sorgfalt gearbeitet sind, so gewähren sie allerdings eine gewisse Sicherheit gegen Dieteriche und Nachschlüssel, sind dann aber auch sehr kostspielig. Sehr häufig findet man bei auf Täuschung unkundiger Käufer berechneten Schlössern keine oder eine sehr unbedeutende Besatzung, während der Schlüssel mit zahlreichen, doch zwecklosen Einschnitten des Bartes versehen ist.

§. 601.

Endlich sind noch die geschweiften oder gekröpften Schlüsselbärte anzuführen, welche ein mit ihrer Gestalt übereinstimmendes Schlüsselloch erfordern. Die Schweifungen der Bärte sind ohne große Mühe auszuführen und lassen sich ins Unendliche und so abändern, daß keine der andern gleicht und mithin auch kein anderer, als der nach der Schweifung des Schlüsselloches gebildete Bart in das Schloß eingeführt werden kann. Das Schloßblech ist aber dabei so stark zu nehmen, daß sich das Schlüsselloch nicht leicht gewaltsam erweitern läßt; ferner muß, wenn die Umstände es gestatten, das Schloß selbst zur größeren Sicherheit so tief in das Holz eingelassen werden, daß die Schweifung des Schlüssellochs nicht von außen gesehen werden kann, weil außerdem ohne große Schwierigkeit ein Schlüssel nach dieser Schweifung ausgearbeitet werden könnte.

§. 602.

Wir betrachten im Folgenden

1) das deutsche Schloß,
2) das französische oder Zuhaltungsschloß,
3) das Bastardschloß,
4) die Verir- oder sogenannten Kunstschlösser,
5) die Combinationsschlösser.

§. 603.

Das deutsche Schloß.

Das deutsche Schloß oder Halbtourschloß (serrure à pêne coulant, bec de canne, demi-tour) besteht aus einem oder zwei Riegeln, auf welche eine Feder drückt, welche dieselben vorwärts zu schieben und ein Verschließen zu bewirken sucht. Die Riegel sind in Kloben auf dem Schloßbleche befestigt und mit Ansätzen versehen, an welche sich beim Oeffnen der Schlüsselbart anlehnt, um den Druck der Feder zu überwinden und die Riegel zurückzuschieben. Der Schlüssel wird nicht ganz herum, sondern nur ungefähr zu $^5/_8$ einer Tour gedreht und muß denselben Theil der Umdrehung rückwärts machen, wenn er aus dem Schlüsselloche entfernt werden soll. Soll das Schloß offen bleiben, so muß entweder der Schlüssel stecken gelassen werden oder es muß der Riegel mit einem mit der Hand zu bewegenden Schieber versehen sein. Das deutsche Schloß gewährt nur wenig Sicherheit; es ist deshalb begreiflich, daß man dasselbe gegenwärtig nur noch selten herstellt,

obgleich es aus älterer Zeit, namentlich auf dem Lande und überhaupt in älteren Gebäuden, noch überaus häufig anzutreffen ist.

§. 604.

Das französische Schloß.

Das französische oder Zuhaltungsschloß (serrure à pêne dormant), von Freitag in Gera in der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts erfunden, ist das gegenwärtig gebräuchlichste Schloß. Es unterscheidet sich wesentlich vom deutschen Schlosse dadurch, daß es eine eigene Zuhaltung (arrêt, *tumbler*), d. i. ein Eisenstück hat, welches den Riegel sowol im geöffneten als geschlossenen Zustande so lange erhält, bis derselbe von den einfallenden Theilen der Zuhaltung befreit ist, was durch Ausheben der letzteren durch den Schlüsselbart geschieht, während zu gleicher Zeit durch den Bart der Riegel rück- oder vorwärts geschoben werden kann, wodurch geöffnet oder geschlossen wird. Die Zuhaltung bewegt sich um einen auf dem Schloßbleche stehenden Stift als Drehungspunkt und ist mit einem Ansatze versehen, welcher in Ausfeilungen des Riegels durch die Zuhaltungsfeder (ressort d'arrêt) einfällt. Die Zuhaltung hat ferner einen vorstehenden Lappen, den Zuhaltungslappen, an welchen sich der Schlüsselbart beim Umdrehen legt, wodurch die Zuhaltungsfeder aus dem Riegel gehoben wird, um die Schiebung des Riegels zu gestatten. Das französische Schloß ist zur zweimaligen Umdrehung des Schlüssels und Schiebung des Riegels eingerichtet und ist demnach ein zweitouriges Schloß (serrure à deux tours). Zuweilen fügt man dem französischen Riegel zu einer oder zwei Touren noch die halbe deutsche Tour bei. Dadurch entstehen die $1^1/_2$ und $2^1/_2$tourigen Schlösser (serrures à un tour et demi, serrures à deux tours et demi). Hat nämlich der Schlüssel beim Oeffnen eine oder zwei Touren gemacht, so steht der Riegelkopf noch etwas höher über den Stulp hervor und wird von einer Feder, nicht mehr von der Zuhaltung gehalten. Um den Riegel ganz zurückzuziehen, ist es nothwendig, mit dem Schlüssel noch eine halbe Tour zu machen. Häufig ist hierbei für die halbe Tour ein besonderer Riegel angebracht, so daß beim Oeffnen zuerst der französische Riegel, dann erst der deutsche in Bewegung gesetzt wird, oft muß auch nicht der Schlüssel, sondern ein zum Drehen eingerichteter Knopf die halbe Umdrehung machen.

§. 605.

Das sogenannte Bastardschloß, den Uebergang von dem deutschen Schlosse zu dem französischen bildend, zeichnet sich dadurch aus, daß es an der Stelle der beweglichen Zuhaltung des französischen Schlosses eine Art

feststehende Zuhaltung hat, auf welcher der mit einem Einschnitte versehene Riegel liegt. Während des Oeffnens oder Schließens hebt der Bart den Riegel über die Zuhaltung, ein auf dem Schloßblech befestigtes Eisenstückchen, weg und schiebt ihn; darauf läßt sie ihn wieder sinken, was eine am Riegel befestigte Feder fördert. Die Bastardschlösser, auch Schnippschnappe genannt, empfehlen sich nur durch Einfachheit.

§. 606.
Verir- oder Kunstschlösser.

Wenn es die Bestimmung eines Schlosses ist, das Eindringen eines Unberufenen in den verschlossenen Raum so viel als möglich zu erschweren, so können natürlich die Vorrichtungen, welche mit Sperrwerkzeugen rasch geöffnet werden können, nicht genügen. Weder die Besatzungen, noch die geschweiften Schlüsselbärte gewähren genügende Sicherheit gegen das Aufsperren. Man hat deshalb zu den sogenannten Verirschlössern (vexiers, secrets) seine Zuflucht genommen, deren Eigenthümlichkeit darin besteht, daß sie gewisse Vorrichtungen, die nur dem Eingeweihten bekannt sind, besitzen, ohne deren Kenntniß selbst mit dem dazu gehörigen Schlüssel das Schloß nicht geöffnet werden kann. Hierher gehören die Vorgesperre, bei welchen ein verschlossener Schlüssellochdeckel erst durch Verschiebung gewisser Theile geöffnet werden muß, um das Schlüsselloch sichtbar zu machen; ferner die Vorrichtungen, bei welchen der Schlüssel nach der ersten Umdrehung etwas rück- und dann wieder vorwärts gedreht, oder bei einer gewissen Stelle der Umdrehung auf eigenthümliche Weise fest angedrückt werden muß u. s. w. Die meisten der Verirschlösser sind theuer und wenig dauerhaft und bieten, sobald ihre Lösung errathen oder sonst ermittelt ist, keine Sicherheit mehr dar. Endlich können sie in der Regel im Dunkeln nicht geöffnet werden und sind deshalb, und auch wegen ihrer complicirten Construction, für den Eigenthümer langweilig.

§. 607.
Combinationsschlösser.

Die Combinationsschlösser (serrures à combinaison, *combination locks*), welche man nebst den Verirschlössern häufig allgemein mit dem Namen Sicherheitsschlösser (serrures de sureté, *safety-locks*) zu bezeichnen pflegt, bieten die vollkommenste Sicherheit der Verschließung. Das Hauptsächlichste ihrer Construction sind eine Anzahl von Bestandtheilen, welche, mehr oder minder als Zuhaltungen wirkend, das Oeffnen des Schlosses erst dann gestatten, sobald diese Theile in eine bestimmte Lage oder Stellung

gebracht worden sind, welche für jeden einzelnen Theil verschieden ist. Alle übrigen Lagen und Stellungen gestatten das Oeffnen selbst dann noch nicht, wenn alle Theile, mit Ausnahme eines einzigen, in der erforderlichen Lage sich befinden. Die große Zahl der möglichen Gesammtstellungen, unter denen nur eine einzige ist, bei welcher das Schloß geöffnet werden kann, macht die Wahrscheinlichkeit, daß durch alleinige Versuche das Schloß zu öffnen sei, äußerst gering. Man hat Combinationsschlösser mit und ohne Schlüssel.

Die Combinationsschlösser ohne Schlüssel, deren Keime in gewissen schloßartigen Vorrichtungen der Aegypter und anderer Völker des Alterthums zu finden sind, besitzen das Charakteristische, daß ihre als Zuhaltungen dienenden Bestandtheile von außen sichtbar und zugänglich sind und mit einer Bezeichnung durch Buchstaben, Zahlen oder anderen Merkmalen (daher die Namen Buchstaben-, Merkmal- oder Malschloß) versehen sind und mit Hülfe der Hand in die zum Oeffnen erforderliche Stellung gebracht werden, wobei jene Bezeichnungen dem Eingeweihten als Richtschnur dienen. Diese Art Schlösser werden entweder als Scheibenschloß (serrure à rondelles) oder als Ringschloß (cadenas à rouleaux, *ring-lock*) ausgeführt, auf dessen beweglichen Ringen die Bezeichnungen eingeschlagen oder eingravirt sind. Die Anzahl der Zeichen, in der Regel Buchstaben, beträgt 10—15. Die Construction des Schlosses ist der Art, daß das Schloß selbst dann noch verschlossen bleibt, wenn auch alle Ringe, mit Ausnahme eines einzigen, in der zum Oeffnen erforderlichen Stellung sich befinden; es hat ferner auf jedem Ringe in der That nur ein Buchstabe Bedeutung, die übrigen Buchstaben sind nur zum Irreführen der Uneingeweihten vorhanden. Befinden sich an einem Ringschlosse 5 Ringe, ein jeder mit 10 Buchstaben, so sind 10^5, d. i. 100,000 Combinationen der Ringstellung möglich. Brächte man auf jeden Ring die 25 Buchstaben des Alphabets, so würde man $25^5 = 9,765,625$ (!) Combinationen erhalten, unter denen nur eine das Schloß zu öffnen gestattet.

Obgleich es nun den Anschein hat, als gewähre das Ringschloß eine sehr große Sicherheit, so läßt sich doch gegen dasselbe anführen, daß es sich fast nur als Vorlegeschloß gebrauchen läßt (die oben erwähnten Scheibenschlösser, bei welchen anstatt der Ringe Scheiben mit Bezeichnungen auf der breiten Fläche vorhanden sind, haben sich ihrer schwerfälligen Construction wegen keinen Eingang verschaffen können), im Finstern nicht geöffnet werden kann, allen gewaltsamen Versuchen, es zu öffnen, in hohem Grade bloßgestellt ist, da die Ringe frei und zugänglich da liegen, das Geheimniß sogleich verrathen und die Sicherheit gefährdet ist, sobald das Schloß in Gegenwart Anderer geöffnet wird; endlich trotz der großen Anzahl der möglichen Com-

binationen in der Stellung der Ringe, es doch allein vom Zufall abhängig ist, in welcher Zeit ein Nichteingeweihter durch fortgesetzte Versuche das Oeffnen zu bewirken vermag; wenngleich, um alle Combinationen bei einem Schlosse mit 100,000 möglichen Stellungen durchzumachen, eine Zeit von vielleicht 6–7 Arbeitstagen erforderlich ist, so kann doch das Ziel zufällig auch schon nach Verlauf von einer Stunde erreicht sein. Crivelli hat außerdem entdeckt, daß Ringschlösser, besonders solche, bei denen die Ringe eine etwas schlottrige Bewegung haben, ohne alle Verletzung durch einen Kunstgriff geöffnet werden können.

§. 608.

Combinationsschlösser, welche nur mit Schlüssel geöffnet werden können, giebt es zahlreiche Constructionen. Sie haben vor den Ring- oder überhaupt Buchstabenschlössern den großen Vorzug, daß sie, eben so wie ein gewöhnliches Schloß, im Finstern und in Gegenwart Anderer geöffnet werden können, ohne daß ein Geheimniß, worauf die Sicherheit beruht, verrathen würde; sie lassen sich in allen Größen und fast zu allen Zwecken verwenden; sie sind vor widerrechtlichen Versuchen, geöffnet zu werden, geschützt, indem die Zuhaltung im Innern des Schlosses versteckt ist und der Zugang zu ihr nur durch das Schlüsselloch geschehen kann. Die Herstellung eines Nachschlüssels ist demnach nur möglich, wenn der rechte Schlüssel als Original vorliegt. Geht der Schlüssel eines Combinationsschlosses verloren, so ist derselbe sofort dadurch unbrauchbar zu machen, daß man ein Paar Zuhaltungen ihre Stellungen wechseln läßt oder durch einige Feilstriche an einer der Zuhaltungen die erforderliche Hubhöhe verändert; allerdings ist nun auch ein anders gestalteter Schlüssel nothwendig. Jeder einzelne Versuch zum Oeffnen des Schlosses, ohne im Besitz des rechten Schlüssels zu sein, erfordert die Herstellung eines Nachschlüssels oder die Veränderung eines schon vorhandenen.

§. 609.

Unter den vielen Combinationsschlössern seien die von Chubb und Bramah angeführt.

Das Bramahschloß (serrure à pompe) wurde von dem Erfinder der hydraulischen Presse, dem berühmten englischen Mechaniker Bramah, im Jahre 1786 erfunden; später wurde es von ihm verbessert und von der englischen Regierung im Jahre 1798 patentirt. Dieses Schloß wird gewöhnlich zum Verschließen kleiner Behältnisse (feuerfester Geldschränke, Schatullen rc.) benutzt und zu diesem Behufe eintourig und nur von einer Seite schließbar gefertigt. Zuweilen wird es auch als Thürschloß und Vorlegeschloß

angewendet. Das Wesentliche des Bramahschlosses besteht in der Art und Weise, wie die Riegelbewegung hervorgebracht wird, ferner in den Sicherungsvorrichtungen, d. h. den Apparaten der Zuhaltung mit Combination. Das Hin- und Herschieben des Riegels geht nicht, wie bei andern Schlössern, unmittelbar durch den Schlüssel, sondern mit Hülfe eines vom Schlüssel umgedrehten Cylinders aus Messing vor sich, welcher etwa viermal so viel äußere Dicke hat, als das Schlüsselrohr und innen den Schlüssel in sich aufnehmen kann; es ist mit einem Boden versehen, auf welchem ein Dorn, über welchem der hohle Schlüssel sich bewegt, festgenietet ist. Der Schlüssel zum Bramahschlosse ist sehr klein und kann es deshalb sein, weil der Widerstand beim Oeffnen und Schließen sich auf die Reibung der Bestandtheile des Schlosses beschränkt und diese bei der sorgfältigen Arbeit dieser Art Schlösser eine sehr geringe ist. Ein kleiner Schlüssel, schon an und für sich bequem, verlangt aber auch nur ein kleines Schlüsselloch, daraus entspringt der große Vorzug dieser Art Schlösser, daß nur wenig Platz zum Einführen von Sperrwerkzeugen da ist und zwar um so weniger, als ein großer Theil des Raumes des Schlüsselloches durch den Dorn eingenommen wird. Der Schlüssel hat nur einen sehr kleinen Bart ohne Einschnitte und Schweifungen, dagegen ist das Schlüsselrohr an seiner Mündung mit einigen Längeneinschnitten versehen, um die Zuhaltungen des Schlosses niederzudrücken. Der Schlüsselbart greift in den Cylinder, in welchem er in einer Nute läuft und ihn somit umdrehen kann.

§. 610.

An dem Boden des Cylinders befindet sich unten ein excentrisch angesetzter Stift, welcher durch den Riegel hindurch geht und ihn vor- oder rückwärts schiebt, je nachdem er in der einen oder andern Richtung umgedreht wird. Der Cylinder ist in seiner Umdrehung durch eine Anzahl radial eingesetzter aufrechter Riegel oder Blättchen gehindert, welche alle auf einer innen angebrachten, um den Schlüsseldorn gewundenen Drahtfeder ruhen und sowohl in dem Cylinder, als in einer um denselben außen herumlaufenden, am Gehäuse befestigten, also nicht drehbaren Stahlplatte eingeschnitten sind. Nur auf einer gewissen, bei jedem Blättchen wieder verschiedenen Höhe hat ein jedes derselben einen Ausschnitt, gerade so weit als die Stahlplatte dick ist. Werden nun die Blättchen in der Weise niedergedrückt, daß alle Einschnitte vor die Stahlplatte kommen, so bietet diese kein Hinderniß mehr gegen die Umdrehung dar und der Cylinder kann, vom Schlüssel um seine Axe gedreht, den Schloßriegel vor- und rückwärts schieben. Die Stahlplättchen haben alle dieselbe Höhe und schließen sich rings um den Schlüsseldorn an. Man muß demnach beim

Oeffnen des Schlosses den Schlüssel etwas hineindrücken, um die Feder zusammenzudrücken. Ist der Schlüsselbart in die für ihn bestimmte Vertiefung des Cylinders eingetreten, so wird der Schlüssel umgedreht, wodurch, da in diesem Momente alle Blättchen mit ihren Einschnitten an der stählernen Sperrplatte angekommen sind, die Schiebung der Riegel erfolgt. Während des Drehens braucht man nicht mehr auf den Schlüssel zu drücken, denn, obgleich die Feder denselben zu heben strebt, kann er doch nicht herausspringen; erst wenn die Drehung beendigt ist und der Bart wieder unter das Schlüsselloch gelangt, springt der Schlüssel von selbst heraus.

Das Bramahschloß galt lange Zeit als absolut unaufsperrbar; Bramah und seine Nachfolger hatten selbst Prämien ausgesetzt für denjenigen, der ihre Schlösser öffnen würde. Nachdem nun die Aufforderung, die Prämie von 200 Guineen zu gewinnen, jahrelang an den Schaufenstern der Fabrikanten dieser Art Schlösser zu sehen gewesen war, erschien bei Gelegenheit der Industrieausstellung aller Völker zu London im Jahre 1851 der Amerikaner Hobbs mit dem seit einigen Jahren erfundenen Newell'schen Permutationsschlosse, setzte ebenfalls eine Prämie auf die Eröffnung seines Schlosses und erklärte den englischen Schlösserfabrikanten, daß er ihre Schlösser öffnen werde. In der That gelang es ihm, nach 52 Stunden Arbeit das Bramahschloß zu öffnen, ebenso das Chubbschloß. Trotzdem gewährt das Bramahschloß unter allen Umständen genügende Sicherheit, da außer Hobbs bis jetzt noch Niemand im Stande war, diese Art Schloß zu öffnen.

§. 611.

Chubbschloß. In der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts trat der Engländer Barrons mit einer wesentlichen Verbesserung der Schlösser auf, indem er dieselben mit einer Zuhaltung versah, welche, nur auf eine genau bestimmte Höhe gehoben, die Bewegung des Riegels gestattet, zu wenig oder zu viel gehoben, dieselbe aber verhindert. Diese Zuhaltung besteht wesentlich darin, daß der am Riegel mit einer Drehungsaxe befestigte Zuhalter einen theils vertikal, theils horizontal laufenden Schlitz hat, vermöge dessen er beim Heben, Vor- oder Rückwärtsgleiten und Senken um einen feststehenden Zuhaltnagel streift. Ging der vertikale Theil dieses Schlitzes höher hinauf als bis an den horizontalen Theil, so waren schon sehr zahlreiche Nachschlüssel nothwendig, um darunter gerade einen solchen zu finden, der weder zu hoch noch zu niedrig hob, oder es mußte erst die gehörige Barthöhe ermittelt werden, um darnach einen Nachschlüssel herzustellen. Chubb vermehrte die Zahl dieser Zuhaltungen und erhielt dadurch größere Sicherheit, da, wenn nur eine derselben nicht genau auf ihre gehörige Höhe gehoben ist,

der Riegel sich nicht schieben läßt, auch wenn die übrigen alle richtig gehoben wären. Der Schlüsselbart der Chubbschlösser enthält so viel Absätze oder Stufen, als das Schloß Zuhaltungen, so daß derselbe eine treppenförmige Gestalt erhält.

Es ist für den Besitzer eines Schlosses nicht nur wichtig, dasselbe sicher zu wissen gegen Aufsperren mit Hülfe von Nachschlüsseln oder Sperrwerkzeugen, sondern auch von jedem Versuche, der von Unberufenen zum Oeffnen der Schlösser angestellt wurde, Kenntniß zu erhalten. Deshalb hat Chubb an seinen Schlössern eine wesentliche Vorrichtung angebracht, welche er den Angeber oder Entdecker (*detector*) nennt. Derselbe besteht in einer weiteren Zuhaltung, welche vorspringt und alle übrigen Zuhaltungen sperrt, sobald nur eine derselben zu hoch gehoben wird, und welche nur dadurch wieder außer Wirksamkeit gesetzt werden kann, daß der richtige Schlüssel eingebracht und mit diesem die gehemmte Zuhaltung um eine halbe Tour vorgeschoben wird, welches ebenso wie bei der andern Bewegung auch nur bei einer ganz genau bestimmten Hubhöhe der Zuhaltungen geschehen kann. Es ist klar, daß das geringste Abfeilen eines einzigen Absatzes am Schlüsselbarte oder ein Befeilen der Zuhaltungen an ihrer Hebungsstelle oder eine veränderte Reihenfolge der Zuhaltungen den Schlüssel unbrauchbar macht. Daraus folgt aber auch, daß der Schlüsselbart genau den Zuhaltungen entsprechend geformt sein muß und daß jede Veränderung in den Zuhaltungen einen neuen Schlüssel nothwendig macht. Aus Vorsicht giebt man zu jedem Chubbschlosse zwei Schlüssel, damit im Fall des Verlorengehens des einen das Schloß doch noch geöffnet werden kann. Hat man Grund zu vermuthen, daß der verlorene Schlüssel zu unbefugtem Oeffnen dienen könne, so verändert man die Reihenfolge der Zuhaltungen und läßt neue Schlüssel herstellen oder, wenn jede Stufe des Schlüsselbartes als ein besonderes Stück angefertigt wurde, verändert man die Reihenfolge der Bartelemente auf dieselbe Weise wie die der Zuhaltungen.

§. 612.

Wie oben angeführt, gelang es im Jahre 1851 dem Amerikaner Hobbs, auch das Chubbschloß zu öffnen. Er wendete hierzu eine Sperrzeug an, welches in einem einfachen Haken, welcher an einem hohlen Schlüsselbarte angebracht war, und in einem zweiten Haken bestand, der auf einem Dorn saß, welcher letztere durch das Rohr des ersteren hindurchgesteckt war, wodurch ein Schlüssel mit zwei Bartstücken sich gebildet hatte, deren jedes für sich umgedreht werden konnte. Es leuchtet von selbst ein, daß, wenn man den Riegel mit dem einen Bartstücke stark rückwärts drückte, bei genauer Arbeit die ganze Zuhaltung, bei ungenauer mindestens eine Platine derselben an dem Halt-

nagel anstand und der Hebung durch die Reibung Widerstand leistete. Wurde nun allmälig diese Platine in die Höhe gehoben, bis an ihr die Reibung aufhörte, so war die richtige Hubhöhe gefunden. Auf diese Weise ließen sich nach und nach alle Hubhöhen nach einander ermitteln und aufsperren. Neuerdings hat Chubb dadurch, daß er in den Zuhaltern außer dem richtigen Einschnitt noch einen falschen anbrachte, die Schwierigkeit des Oeffnens bedeutend vergrößert; auch hat er für größere Schlösser noch eine Ankervorrichtung construirt, deren Gang mit Nachschlüsseln nicht wohl herausgefühlt werden kann und welche deshalb eine große Sicherheit gegen Dietriche aller Art gewährt[1]).

§. 613.

Es sei noch das Permutationsschloß von Newell (Firma Day und Newell in New-York) erwähnt. Seine Eigenthümlichkeiten bestehen zum Theil in einem veränderlichen Schlüssel, daher der Name Permutationsschloß. Stellt man sich den Schlüsselbart aus so viel einzelnen, verschieden hohen, neben einander stehenden Stücken vor, als im Schlosse Zuhaltungsbleche sind, ferner Schloß und Riegel so construirt, daß der Eigenthümer mit Leichtigkeit die Reihenfolge der Zuhaltungen, mit den einzelnen Bartstücken correspondirend, verändern kann, so hat man das Princip des Permutationsschlosses. Wenn der Eigenthümer den Schlüssel verändert, so kann der Uneingeweihte, der sich dessen oder einer Copie davon bedienen will, das Schloß doch nicht öffnen.

Das Schloß hat ferner eine eigenthümliche, übrigens auch aus auf einander liegenden Platinen bestehende Zuhaltung. Das Wesentliche derselben besteht darin, daß sie in drei Hauptabtheilungen gebracht ist, deren erste, über dem Schlüsselloche liegende, vom Schlüssel gehoben und herabgelassen wird, demnach nur eine verticale Bewegung macht, wozu sie in einem Rahmen läuft und von oben herab durch Federn niedergehalten wird, während die letzte, dem Kopfe des Riegels zunächst befindliche, mit letzterem die horizontale Bewegung und auf derselben die verticale Bewegung macht, und die Wirkung beider auf einander durch die dritte, in der Mitte liegende vermittelt wird. Diese mittlere Abtheilung wird durch Federn nach oben gegen Vorsprünge der inneren Zuhaltung gedrückt und faßt die äußere mittelst Ausschnitten, in welche die an der äußeren angebrachten horizontalen Arme genau

[1]) Neuere Combinationsschlösser von Aubin, Wolverson, Cartwright, Massini, Holland u. A. sind beschrieben im Londoner Ausstellungsbericht, Bd. III. p. 155, und im Pariser Bericht, Berlin 1856, p. 357.

und ihrer ganzen Länge nach, die etwas geringer als der Weg des Riegels ist, hineinpassen. Wird das Schloß zugeschlossen, so heben sich die über dem Schlüsselloche liegenden Zuhalter in die Höhe, die mittleren folgen ihnen vermöge des Druckes der auf sie wirkenden Federn und nehmen die äußeren in sie eingreifenden mit herauf, so daß der Riegel ausgelöst ist und vorwärts gehen kann. Während er vorwärts geht, zieht er die äußeren Zuhalter aus den mittleren, welche sich nicht in horizontaler Richtung bewegen können, heraus. Damit sie nicht herabfallen, sind sie auf der den Armen entgegengesetzten Seite gezahnt und werden vor dem Austreten gegen einen vorn hängenden Sperrkegel oder Anker gedrückt, der in die Zahnung eingreift und so die Zuhalter genau in der Stellung erhält, in welcher sie die mittleren Zuhaltungsstücke verlassen haben. Diese letzteren senken sich nun wieder herab, wenn der Schlüssel vollends herumgedreht wird, um vollständig abzuschließen. Die äußeren Zuhalter bleiben mithin unveränderlich am Schloßriegel hängen und derselbe kann daher nur rückwärts gehen, wenn der Arm jedes Zuhalters beim Rückgang genau wieder den Aufschnitt an dem ihm entsprechenden mittleren Zuhaltungsstück trifft, was nur dann möglich ist, wenn mit demselben Schlüssel aufgeschlossen wird, mit welchem zugeschlossen wurde; denn außerdem stößt der Arm des äußeren Zuhalters auf die Stirn des mittleren Stückes und der Riegel kann nicht zurückgehen. Die Höhe jedes einzelnen Bartstückes herauszufühlen, wie es bei dem Bramah- und Chubbschloß geschah, ist bei dem Permutationsschloß nicht möglich, weil man zu der mittleren Zuhaltung nicht gelangen kann. Das Schloß kann, selbstverständlich, auch ohne veränderlichen Schlüssel gute Dienste leisten; gegen den Eingriff desjenigen, der es verfertigt oder den Schlüssel in Händen gehabt hat, schützt aber nur der veränderliche Schlüssel.

Das Permutationsschloß hat noch zwei weitere Eigenthümlichkeiten, nämlich eine Vorrichtung, die es unmöglich macht, durch das Schlüsselloch die Zuhaltung zu besichtigen[1]), und eine andere, welche, sobald der Schlüssel eingebracht ist und seine Drehung beginnt, den Schlitz, durch welchen der Bart des Schlüssels eintritt, verschließt. Die Verdeckung wird einfach durch ein hohles Cylinderstück bewirkt, welches einen Ausschnitt für den Schlüsselbart hat, excentrisch über den Dorn, auf dem sich der Schlüssel dreht, ein-

[1]) Die Besichtigung der Zuhaltung hat Newell deshalb unmöglich gemacht, weil es dadurch allein einmal einem Amerikaner gelungen war, das Schloß mit einem Nachschlüssel zu öffnen. Derselbe schwärzte die Zuhaltung durch Verbrennung eines rußenden Körpers im Schlüsselloche und fand nun, nachdem das Schloß einmal geöffnet und wieder geschlossen worden war, die Längen der verschiedenen Bartstücke dadurch heraus, daß die Stellen, wo die letzteren die Zuhaltungen angegriffen hatten, blank markirt waren.

gesteckt ist und mit diesem herumgeht. Die Verschließung der Schlitze für den Schlüsselbart bewirkt eine einfache Hebelvorrichtung (v. Steinbeis)[1]).

§. 614.

Arten der Schlösser nach ihrer Anbringung[2]).

Nach ihrer Anbringung lassen sich die Schlösser in folgender Weise eintheilen:

1) Thürschlösser;
2) Schrankschlösser;
3) Schiebladenschlösser;
4) Kasten- und Schatullenschlösser;
5) Kassenschlösser;
6) Vorlegeschlösser.

1) Thürschlösser sind gewöhnlich zweitourige französische Schlösser, welche so construirt sind, daß sie von beiden Seiten verschlossen und geöffnet werden können. Ein Schloß, welches nur den Riegel mit den unumgänglich erforderlichen Bestandtheilen enthält, heißt ein Riegelschloß; die bei weitem größte Anzahl der Thürschlösser enthält aber außerdem auch noch den Nachtriegel (verrou, *night-bolt*) und die Falle (buttort, *latch*). Mit letzterem Namen bezeichnet man die von dem Schloßriegel unabhängige Vorrichtung, durch welche die Thüre zugehalten wird, auch wenn sie nicht durch den Schloßriegel verschlossen ist. Es giebt hebende und schießende (schließende) Fallen. Die hebende Falle besteht aus einem Riegel, welcher, wenn das Schloß geöffnet werden soll, in die Höhe gehoben werden muß. Die einfachste Art der hebenden Falle ist die Klinke (loquet), ein um einen Stift drehbares Stück Eisen, welches die Thüre vermittelst eines anderen Stückes, den Klinkenschaft, zuhält; das andere Ende bildet der Drücker, durch welchen die Falle geöffnet wird. Oft läßt man die Falle sich ohne Drücker durch einen Griff oder durch einen Drehknopf in Bewegung setzen, wodurch man die schießende Falle erhält. Letztere hat einen Riegel (Fallenriegel), welcher sich parallel dem Schloßriegel ein- und ausschiebt und einem deutschen Riegel gleicht, da er gleichfalls durch eine Feder vorgeschoben erhalten wird. Um ihn zurückzuziehen, wendet man in der Regel einen mit zwei Bärten versehenen Theil, die sogenannte Nuß, an, der durch einen drehbaren Metallknopf

[1]) Das Permutationsschloß von Arrowsmith ist beschrieben im Londoner Ausstellungsbericht, Berlin 1853, Bd. III. p. 130.

[2]) Ein sehr brauchbares Verzeichniß der in der Schloßfabrikation vorkommenden Kunstausdrücke (französisch und deutsch) findet sich im neunten Bande des Schauplatzes der Künste und Gewerbe, Leipzig und Königsberg 1769, p. 459.

(Olive) bewegt wird. Bei Flügelthüren bringt man gewöhnlich doppelte Schlösser an, an dem einen Flügel das gewöhnliche Schloß mit Nachtriegel und Falle, an dem andern ein besonderes Schloß für die vertikalen, unten in die Schwelle gehenden Zugriegel (Baskülenriegel), welche oben in die Thürverkleidung eintreten; die Zugriegel werden mit Hülfe eines Drückers oder Griffes bewegt.

§. 615.

2) Die Schrankschlösser sind nur von einer Seite zu schließende Thürschlösser, welche entweder ein- oder zweitourig sind; sie sind mit wenigen Ausnahmen kleiner als Thürschlösser und haben nur selten Besatzungen; als Sicherungsmittel wendet man dagegen häufig einen geschweiften Schlüsselbart und ein figurirtes Schlüsselrohr an. Zuweilen sind nebst dem Schloßriegel Baskülenriegel daran, letztere auch mitunter allein ohne Schloßriegel.

3) Die Schiebladenschlösser sind mit wenigen Ausnahmen eintourige, nur von einer Seite zu schließende Schlösser von solcher Construction, daß sie sich auch als kleine Schrankschlösser anwenden ließen, wenn sie so angebracht werden, daß der Riegel anstatt der vertikalen Lage eine horizontale hat. Die gewöhnlichen Schiebladenschlösser gewähren nur geringe Sicherheit, da der eintourige Riegel nicht tief genug in das Holz hineintritt. Wird das obere Holz, an welchem das Schließblech sitzt, emporgehoben, so wird der Riegelkopf frei und die Schieblade kann, ohne das Schloß zu öffnen oder zu verletzen, herausgezogen werden. Man wendet deshalb häufig das sogenannte Schnapperschloß an, mit einer Vorrichtung, durch welche aus dem Kopfe des völlig vorgeschobenen Riegels auf jeder Seite ein Haken vorspringt, wodurch der Riegel das Ansehen eines T erhält. So lange der Riegel im Innern des Schlosses zurückgeschoben bleibt, sind die Haken in Aushöhlungen des Riegelkopfes verborgen.

4) Die Kasten- und Schatullenschlösser dienen zum Verschließen solcher Kästen, bei welchen ein an Charnieren befestigter Deckel auf der dem Charniere gegenüberliegenden Seite zu verschließen ist. Gewöhnlich bedient man sich zum Verschließen der sogenannten Katzenköpfe (pênes en bords) am Riegel, die in zwei am Schließblech des Deckels befindlichen Oehre (Schließhaken, auberons) eintreten und dadurch den Verschluß bewirken. Bei kleineren Schlössern genügt ein Katzenkopf und ein Oehr. In der Regel sind derartige Schlösser eintourig.

5) Die Kassenschlösser werden auf der inneren Seite des Deckels angebracht; sie sind fast so groß als der Deckel selbst und lassen auf drei bis vier Seiten Riegel hervortreten, die unter den horizontal überstehenden Rand

der Kiste hineintreten. Das Charnier des Deckels dient demnach nicht wie bei den Schatullen zum Verschluß, sondern nur zur bequemeren Handhabung. Das Schlüsselloch ist in der Mitte der äußeren Fläche des Deckels und gewöhnlich mit einem Vorgesperre (Schlüssellochdeckel mit Verir) versehen. Der Schlüssel setzt einen Hauptriegel in Bewegung, durch welchen durch Hebel, Verzahnung oder durch drehbare Scheiben mit Stiften die übrigen bewegt werden. Die Einrichtung der Kassenschlösser ist äußerst verschieden, so daß darüber etwas Allgemeines nicht gesagt werden kann.

6) Die Vorlegeschlösser (Häng- oder Vorhängschlösser, cadenas) sind bekanntlich mit einem Bügel versehen, der an eine Krampe oder das Glied einer Kette angehängt werden kann; sie sind stets nur von einer Seite zu verschließen. Der in das Bügelloch eingreifende und dadurch das Schloß schließende Riegel ist ein französischer; bei kleineren Schlössern indessen wendet man den Scheibenriegel an, eine um ihren Mittelpunkt sich drehende Scheibe, welche mit einem in den Bügel einfallenden Haken und mit der Zuhaltung versehen ist. Die Vorlegeschlösser bedürfen mehr als alle übrigen Schlösser einer Sicherung des Schlüsselloches; so versieht man sie gewöhnlich mit einem Dorne und mit einem gebohrten Schlüssel; die besseren Schlösser erhalten auch zuweilen ein figurirtes Schlüsselrohr; ebenso sind Vorgesperre (§. 606) häufig im Gebrauche.

Uhrenfabrikation.

§. 616.

Allgemeines und Geschichtliches.

In den ältesten Zeiten hatte man kein anderes Zeitmaaß für den Tag, als den Aufgang, den höchsten Stand und den Untergang der Sonne; des Nachts richtete man sich nach dem verschiedenen Stande der Sterne am Himmel. Später entdeckte man ein besseres Zeitmaaß, man fand, daß der Schatten von Bäumen, Pfählen, Thürmen &c., wenn die Sonne sie beschien, regelmäßig kürzer, zu Mittag am kürzesten und dann wieder länger wurde. Man bestimmte nun die Länge dieses Schattens, theilte ihn in eine Anzahl gleicher Theile und ordnete demnach die Geschäfte des Tages. Diese Art der Alten, die Zeit zu messen, findet man bei Aristophanes, Plutarch, Virgil u. A. Man bemerkte aber auch, daß der Schatten von so aufgerichteten Gegenständen den Tag über nicht nur eine verschiedene Länge, sondern auch eine verschiedene Lage hatte, daß er vom Aufgange der Sonne bis zu ihrem Untergange einen Weg zurücklegte, welchen man in eine Anzahl gleicher Theile, Stunden, eintheilen konnte. Diese Beobachtung veranlaßte die Erfindung

der Sonnenuhren (Gnomonen). Nach Angabe der heiligen Schrift reicht die Erfindung der Sonnenuhren sieben und ein halbes Jahrhundert über den Anfang der christlichen Zeitrechnung zurück. Will man sich auf schriftlich vorhandene Zeugnisse beschränken, so wurde in Griechenland die erste Sonnenuhr von Anaximander in Lacedämonien um das Jahr 545 v. Chr. aufgestellt. Die Eintheilung des Tages in zwölf gleiche Theile oder Stunden entlehnten nach Herodot die Griechen von den Babyloniern. Das Wort *Hora*, die Stunde, leitet man von Horus ab, welches bei den Aegyptern so viel als Sol, die Sonne, bedeutet; der Schatten- oder Stundenzeiger (die Sonnenuhr) erhielt hieraus den Namen Horologium, *ὡρολόγιον*, welcher in der Folge von Uhren überhaupt gebraucht wurde. Eine mit Hülfe der Sonnenuhren erhaltene Zeitbestimmung mochte wohl für die Bedürfnisse des gewöhnlichen Lebens genügen; sie war aber jeder Genauigkeit bar und hätte nie zu wissenschaftlichen Zwecken dienen können.

§. 617.

Die große Unvollkommenheit der Sonnenuhren veranlaßte schon im Alterthume die Erfindung anderer Arten von Uhren, welche man bei hellem und bedecktem Himmel, bei Tage und bei Nacht gebrauchen konnte, nämlich der Wasseruhren und der Sanduhren. Erstere waren bei den Alten gebräuchlicher als letztere. Man ließ aus einer Urne oder Schale das Wasser gleichsam verstohlenerweise durch eine kleine Oeffnung so in ein anderes Gefäß fließen, daß ein halber oder ein ganzer Tag zu der Entleerung der Schale oder Urne erforderlich war. Das immer tiefer herabgehende Niveau des Wassers zeigte dann an Abtheilungen der Gefäßwand die Stunden des Tages an. Derartige Wasseruhren wurden Clepsyder (*κλεψύδρον*, von *κλέπτειν* stehlen, und *ὕδωρ*, das Wasser) genannt.

Da die Quantitäten des ausfließenden Wassers der Zeit nicht proportional waren, da das Wasser vielmehr immer langsamer und langsamer ausfloß, je niedriger die Wassersäule wurde, so traf man die Einrichtung, daß immer so viel Wasser in das Gefäß zufloß, als unten ablief. In noch andern Wasseruhren, wie sie Ktesibius (245 v. Chr.) baute, wurde das ausfließende Wasser als bewegende Kraft benutzt, so daß das Wasser, indem es der Reihe nach die verschiedenen Tröge eines Rades füllte, dieses Rad in eine rotirende Bewegung versetzte, welche sich dann auf ein Räderwerk übertrug (Fig. 120 und 121). Umstehende Figuren zeigen das Aeußere und den Durchschnitt der Wasseruhr des Ktesibius in derjenigen Gestalt, welche ihr von Claude Perrault nach der Beschreibung von Vitruv gegeben worden ist. Des Kindes A tropfenweise herabfallende Thränen, aus einem Gefäße von constanter

Fig. 120.

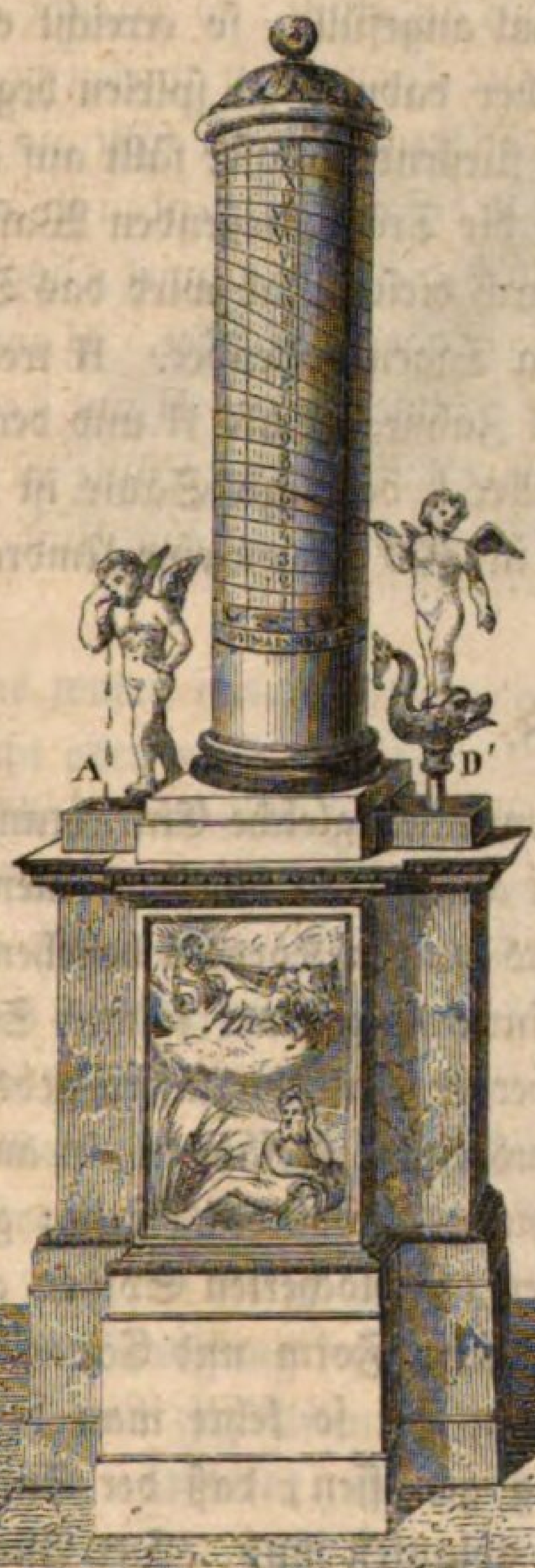
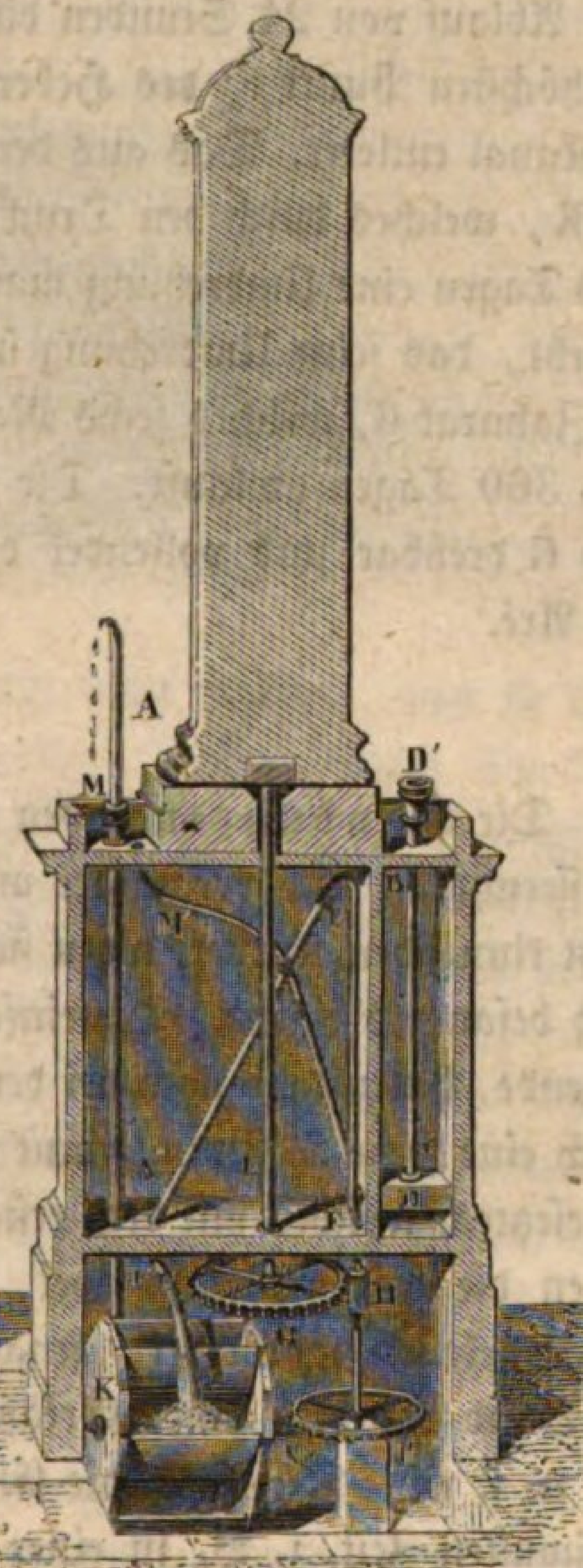


Fig. 121.



Wasserhöhe kommend, setzen die Uhr in Bewegung. Das so herabgefallene Wasser bewirkt, daß das andere Kind sich senkt oder hebt; ein Zeiger in der Hand dieses letzteren giebt an einer Säule die Stunde an. Die Zeit vom Sonnenaufgange bis zum Untergange war für jeden Tag in zwölf gleiche Theile getheilt; diese Theile selbst waren selbstverständlich von einem Tage zum andern verschieden, so daß man für jeden Tag im Jahre eine besondere Theilung bedurfte. Zu diesem Behufe ist die Säule mit Hülfe von Zahnrädern um ihre Axe drehbar. Durch das Rohr A steht das weinende Kind mit dem Gefäße in Verbindung; M dient zur Aufnahme der Thränen. Durch die Röhre M¹ gelangt die Flüssigkeit in die lange, enge, mit BCD bezeichnete Leitung. CD ist ein beweglicher Träger, an dessen unterem Ende ein Korkschwimmer D befestigt ist, so daß dieses Stück nach und nach aufsteigt, wenn sich der Kanal, in welchem es sich bewegen kann, mit Wasser anfüllt. Mit

dem unteren Theil dieses Kanals steht ein Heber FF'A' in Verbindung. Ist nach Ablauf von 24 Stunden dieser Kanal angefüllt, so erreicht er zugleich den höchsten Punkt F' des Hebers, welcher dadurch zu spielen beginnt und den Kanal entleert. Das aus dem Heber fließende Wasser fällt auf ein Tragrad K, welches durch den Druck des in die Tröge fließenden Wassers in je sechs Tagen eine Umdrehung macht. Durch dieses Rad wird das Triebrad H gedreht, das seine Umdrehung in sechszig Tagen vollendet. H treibt wieder das Zahnrad G, welches sechs Mal so viel Zähne hat als H und demnach erst nach 360 Tagen umläuft. Die auf die Axe L befestigte Säule ist durch das Rad G drehbar und vollendet demnach in 360 Tagen eine Umdrehung um ihre Axe.

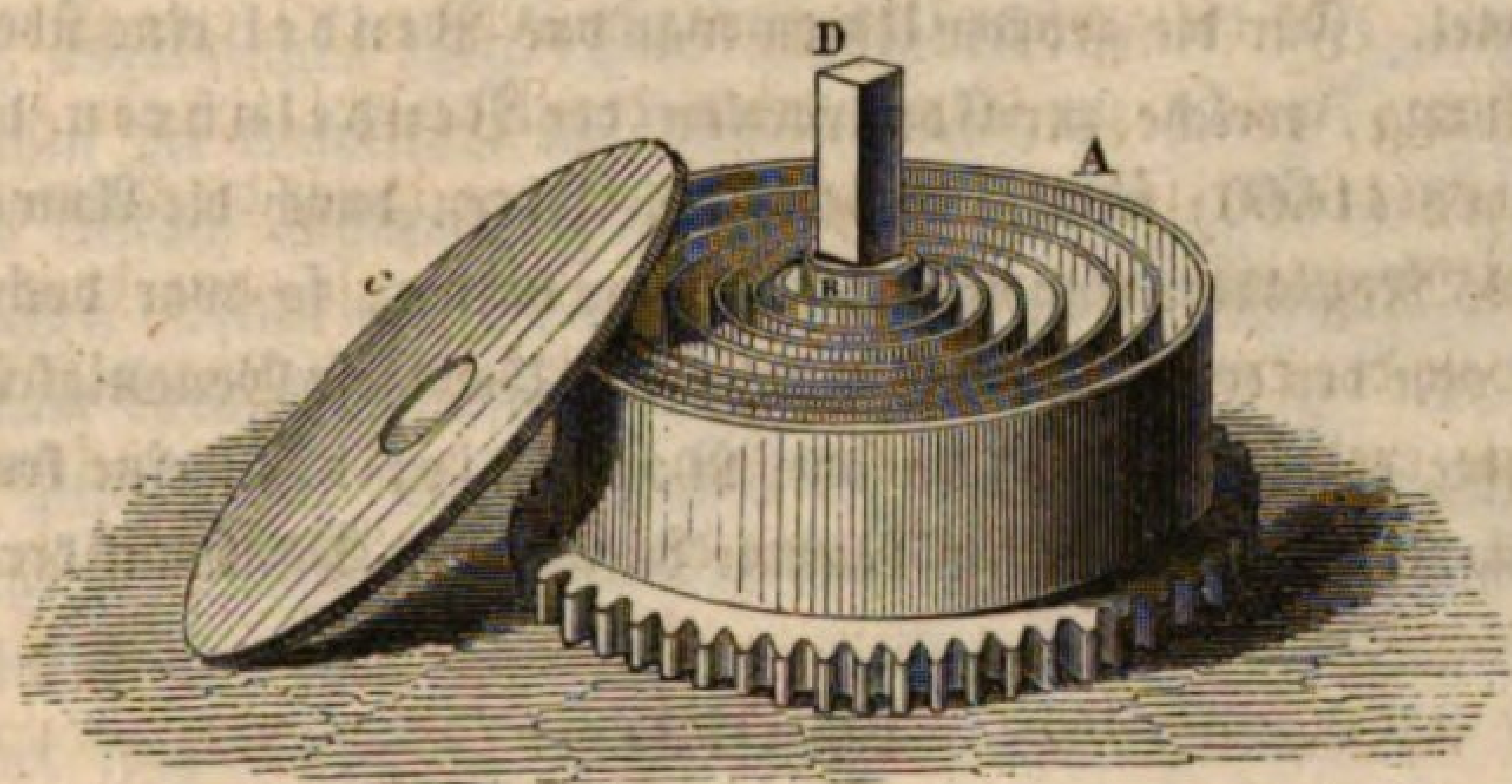
§. 618.

Die Sanduhren haben im Wesentlichen gleiche Einrichtung mit den Wasseruhren, nur verwendet man dabei anstatt des Wassers einen trocknen, leicht rinnenden Körper, wozu sich der aus runden Körnern bestehende Kieselsand besonders eignet. Die einfachste Einrichtung einer solchen Sanduhr ist folgende, heutzutage noch bei den Nürnberger Stundengläsern gebräuchliche: durch eine feine Oeffnung rinnt Sand aus einem Gefäße in ein anderes untergesetztes, welches mit dem ersten in genauer Verbindung steht; gewöhnlich bilden die beiden Gefäße zwei, mit ihren durchlöcherten Spitzen gegen einander gekehrte Glaskegel, genau von gleicher Form und Capacität; wenn der Sand aus dem einen Gefäße geronnen ist, so kehrt man den Apparat um u. s. w. Dabei ist die Einrichtung getroffen, daß der Sand in einer bestimmten Zeit, z. B. in einer Stunde ablaufen muß. Der Astronom Rivaltus bediente sich vor der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts der Sanduhr zu astronomischen Beobachtungen, weil er sie dazu für genauer hielt, als die damaligen, noch sehr unvollkommenen Räderuhren. Tycho de Brahe verfertigte sich zu astronomischem Gebrauche eine Uhr, wobei er statt des Sandes Quecksilber anwendete. Er wog die Menge des Quecksilbers, welche in 24 Stunden aus einem Gefäße floß, und verfertigte sich dann eine Tabelle für die Quantitäten, welche in einer Stunde, einer Minute ꝛc. herausliefen. Endlich hat man anstatt des Sandes auch noch Bleioxyd angewendet.

§. 619.

Die eigentlichen Räderuhren und zwar die durch trockne Gewichte (Blei-, Eisen- oder Steingewichte) in Bewegung gesetzten Uhren wurden im elften Jahrhundert erfunden. Die Räderuhren unterscheiden sich wesentlich von den Wasseruhren, nicht durch die Räder, denn auch Wasseruhren des

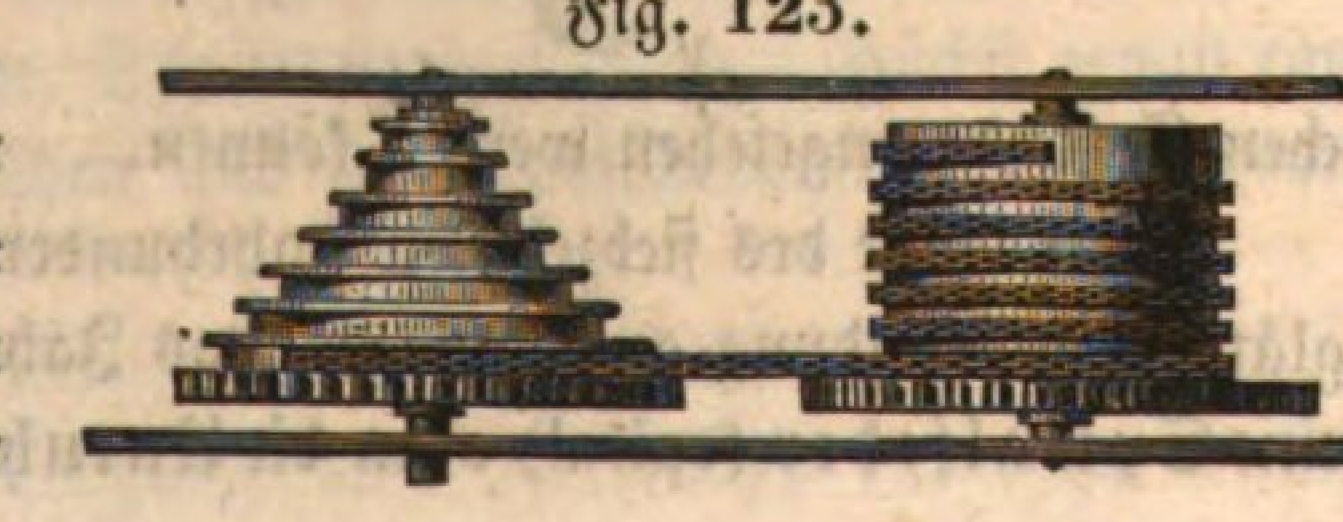
Fig. 122.



Alterthums waren mit Rädern versehen, auch nicht dadurch, daß sie durch ein Gewicht oder durch eine Feder bewegt werden, sondern durch eine Vorrichtung, die Hemmung oder das Echappement, welche eine langsame und gleichförmige, zum Messen der Zeit geeignete Bewegung der Räder hervorbringt. Ein wichtiges Jahr für die Uhrenfabrikation war das Jahr 1500, in welchem der Nürnberger Peter Hele die Taschenuhren erfand. Das Wesentliche hierbei war die in einem besondern Gehäuse (Trommel, tambour, barillet, *barrel*) eingeschlossene, spiralförmige Stahlfeder (ressort, *spring*), welche, nachdem sie durch das Aufziehen noch enger um sich selbst gewunden war, in Folge ihres Bestrebens, sich wieder auszudehnen, das Räderwerk in Bewegung setzte. Fig. 122 zeigt die Uhrfeder in der Trommel, welche mit einem gezähnten Rade versehen ist; B ist die am oberen Ende vierkantige Axe und dient zum Aufziehen der abgelaufenen Feder; c ist der Deckel der Trommel; er ist in der Figur abgenommen, um die Feder sichtbar zu machen.

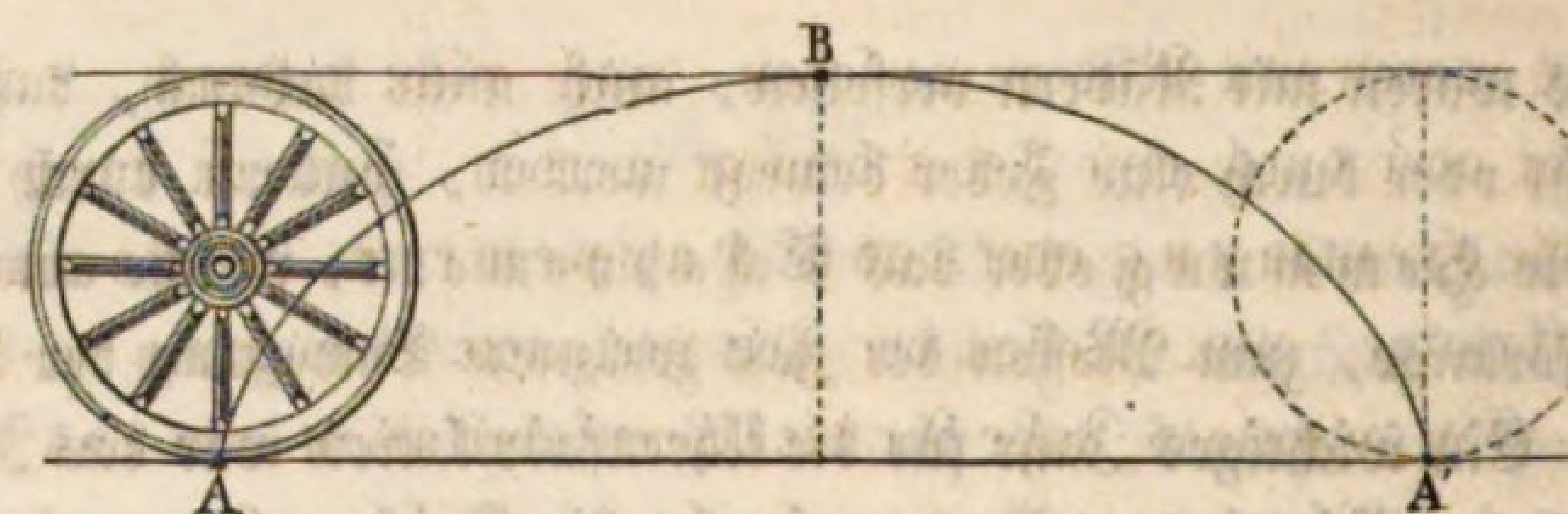
Etwa zu Beginn des siebzehnten Jahrhunderts erfand man die Schnecke oder Spindel (fusée, *fusee*), welche den ungleichen Zug der Feder corrigiren sollte; sobald nämlich die Uhr eben aufgezogen und die Feder auf den höchsten Grad zusammengewunden ist, so zieht sie am stärksten. So wie die Uhr nach und nach abläuft oder die Feder sich allmälig wieder in dem Gehäuse ausbreitet, so zieht sie schwächer, wenn sie bald abgelaufen ist, am schwächsten. Die Schnecke bewirkt durch ihre eigenthümliche Gestalt, daß das Räderwerk durch diese Ungleichheit nicht afficirt werde. Die Verbindung der Feder oder der Trommel mit der Schnecke geschah früher mit einer feinen Darmsaite, später erst mit der

Fig. 123.



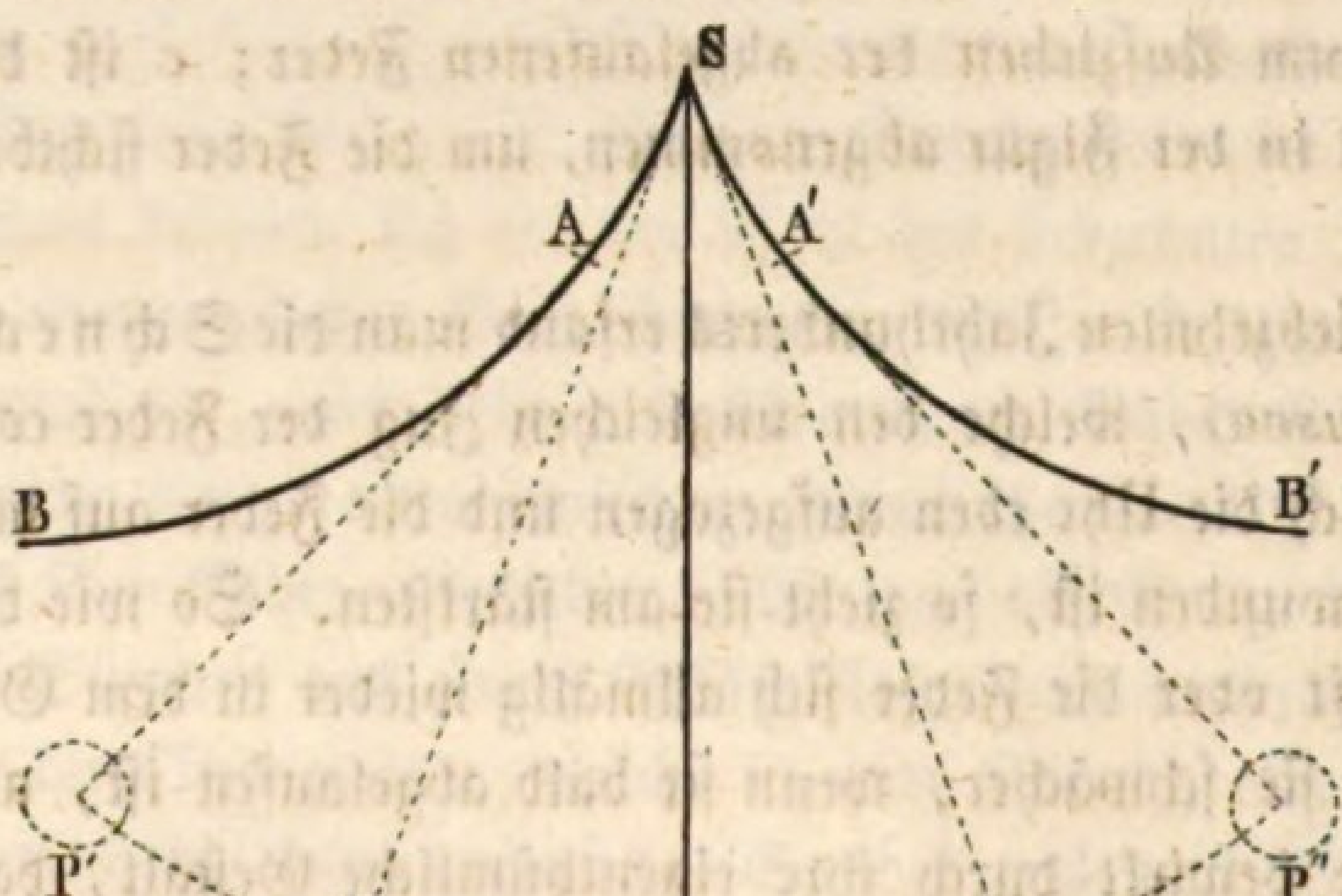
Kette (chaîne, *chain*). Fig. 123 zeigt die Verbindung der Schnecke mit der Trommel. Für die großen Uhren war das Pendel eine überaus wichtige Erfindung, welche zur Construction der Pendeluhren durch Chr. Huyghens (1660) führte; obgleich die Uhren durch die Anwendung des Pendels als Regulator ungemein gewonnen hatten, so war doch ihr Gang noch nicht von der erwünschten Genauigkeit. Um diese Genauigkeit zu erwirken, benutzte er die Cykloïde oder Radlinie, d. h. eine krumme Linie ABA′ (Fig. 124), welche im Raume durch einen Punkt an der Peripherie

Fig. 124.



eines Rades erzeugt wird, welches in gerader Linie auf ebenem Boden fortrollt, indem er nach der Cykloïde gebogene Bleche herstellte, gegen welche der Faden, woran das Pendel aufgehängt war, anschlug, um die Schwingungen isochronisch zu machen. Fig. 125 zeigt das Princip des Cykloïdenpendels; S bezeichnet den Aufhängepunkt des Pendels, P das schwingende Gewicht, SP den biegsamen Faden, SAB und SA′B′ die Cykloïdenbögen. In der Folge wurden aber die gebogenen Bleche wieder abgeschafft u. man ließ die Pendel nur kleine Schwingungen machen, da kleine Bogen als kleine Theile der zu genauen Schwingungen erforderlichen Cykloïde angesehen werden können.

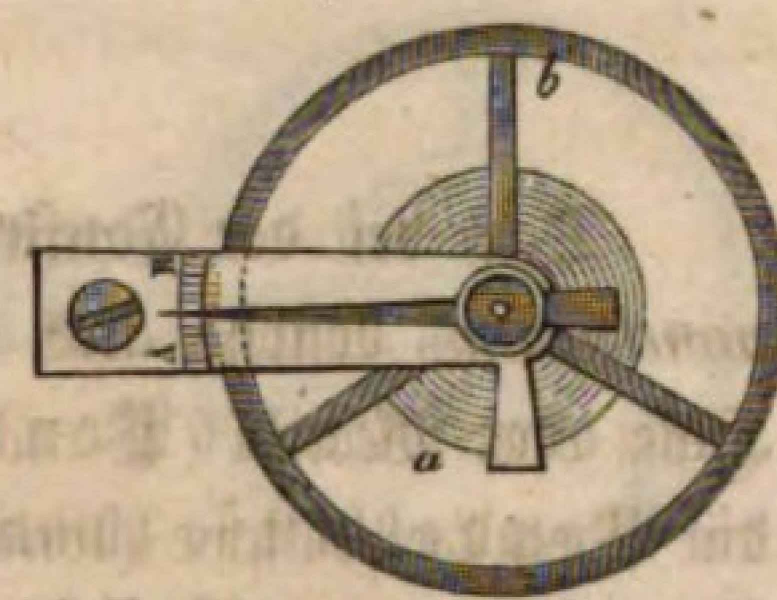
Fig. 125.



Das Ende des siebzehnten Jahrhunderts zeichnet sich ferner durch eine glänzende Erfindung aus. Gegen das Jahr 1674 kam man auf die Idee, eine Spiralfeder (spiral) a an die Unruhe b (balancier, *balance*), welche

letztere als Regulator die Bewegungen gleichförmig machen soll, anzubringen (Fig. 126). War nämlich bis dahin die Amplitude der Schwingungen der Unruhe einfach abhängig gewesen von dem Stoße, welchen dieselbe von der bewegenden Kraft erhielt, so kam durch Anwendung der Spiralfeder ein neues Princip der Regelmäßigkeit in diese Schwingungen. Die verschiedenen Einrichtungen, die Verbindungen zwischen dem Räderwerk und dem Pendel oder der Unruhe herzustellen, werden im Verlaufe der folgenden Schilderung der Haupteinrichtungen der Uhren zur Sprache kommen.

Fig. 126.



§. 620.

Eintheilung und Haupttheile der Uhren.

An einer jeden Uhr, mit Ausnahme der elektrischen oder galvanischen, hat man folgende Theile zu unterscheiden:

1) Den Bewegungsapparat, der die Bewegung des Räderwerkes bewirkt und ohne Aufhören erhält;

2) das Räderwerk oder den Träger der Bewegung und des Zeigerwerkes;

3) die Hemmung oder das Echappement, welche die Bewegung des Räderwerkes regelmäßig unterbricht und dergestalt abändert, daß ein jedes Rad isochronisch umläuft;

4) den Regulator, den unaufhörlich oscillirenden Uhrenbestandtheil, welcher auf die Hemmung wirkt, von dem die Regelmäßigkeit der Bewegung des Räderwerkes und die Gleichförmigkeit der Zeigerbewegung abhängt;

5) das Zeigerwerk, aus einigen Rädern und den über dem Zifferblatte sich bewegenden Zeigern bestehend.

Je nachdem der Regulator der Uhr ein Pendel oder ein Schwungrad (die Unruhe) ist, theilt man die Uhren ein in

1) Pendeluhren (pendules, *clocks*), und

2) Unruheuhren (montres, *watches*).

Nach der verschiedenen Einrichtung, der Art ihres Gebrauchs, dem Grade ihrer Genauigkeit theilt man wol auch die Uhren ein in Gewicht- und Federuhren, Schlaguhren und Wecker, Zimmer- und Thurmuhren, Wand- und Taschenuhren, astronomische, Schiffsuhren u. s. w. Höchst genau construirte Taschenuhren zu nautischen und geographisch-physikalischen Zwecken nennt man Chronometer.

§. 621.
Pendel.

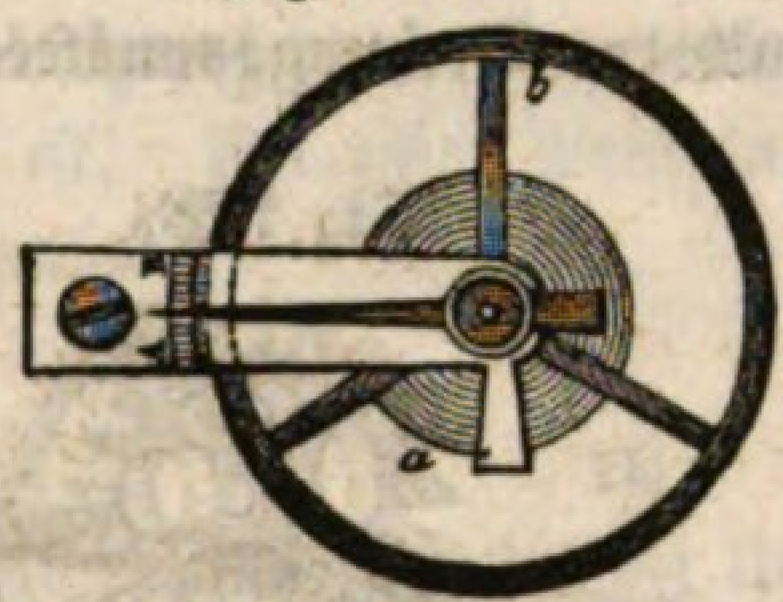
Das bei der Construction von Uhren angewendete **Pendel** (pendule, *pendulum*) besteht aus einer cylindrischen oder prismatischen Stange aus Holz oder Metall (**Pendelstange**, tige, *rod*), welche an dem einen Ende die **Pendellinse** (lentille, *bob*) trägt und an dem anderen Ende mit einer Vorrichtung zum Aufhängen, der **Aufhängung** (suspension) versehen ist. Die Linse ist in der Richtung ihres größten Durchmessers mit einer Oeffnung versehen, mit welcher sie an die Pendelstange geschoben und an derselben bewegt werden kann. Das Ende der Pendelstange läuft in eine Schraubenspindel aus, auf welche eine Schraubenmutter aufgeschraubt werden kann; diese Schraube dient zur Unterstützung der Linse, ferner um dieselbe nach Bedürfniß zu senken oder zu heben. Kleine Pendel werden an einem Seidenfaden, größere an einem Stück Uhrfeder (suspension à ressort), seltener auf einer Schneide (couteau) von gehärtetem Stahl aufgehängt. Unter den vielen sinnreichen Compensationen, um den Einfluß der Wärme unschädlich zu machen, d. h. die durch Ausdehnung gestörte Gleichheit der Pendelschwingungen (Isochronismus) wieder herzustellen, sei das **Rostpendel** und das **Quecksilberpendel** erwähnt. Das erstere besteht aus mehreren niedergehenden Eisenstangen, welche mit einer oder mit mehreren aufsteigenden Stangen von einem sich stärker ausdehnenden Metalle so verbunden sind, daß die Ausdehnung der letzteren die Ausdehnung der ersteren aufhebt und so der Ort der zuletzt mit einer Eisenstange verbundenen schweren Linse fast unverändert bleibt. Zink oder Messing empfiehlt sich seiner starken Ausdehnung wegen vorzüglich zur Compensation. Das Quecksilberpendel besteht aus einer eisernen Pendelstange, an deren unterem Ende sich ein Gefäß mit Quecksilber befindet. Die erforderliche Menge des Quecksilbers läßt sich leicht bestimmen. Am kürzesten und einfachsten verfährt man, wenn man eine Uhr mit dem Pendel in einem besonderen Raume erhitzt und die Stellung des Rahmens, so wie die Menge des Quecksilbers so lange abändert, bis die Uhr in der höheren und in gewöhnlicher Temperatur denselben verlangten Gang zeigt, wodurch man zugleich die Wirkung der Wärme auf die übrigen Theile der Uhr compensirt.

§. 622.
Die Unruhe.

Die **Unruhe** b (Fig. 127) ist, wie schon erwähnt, ein Rad an der Welle mit einer Spiralfeder a verbunden. Der gut abgerundete Kranz ist

durch drei Arme mit der cylindrischen Nabe verbunden, durch deren Oeffnung die stählerne Welle hindurchgeht. Der Kranz des Schwungrades hat $1/2$ bis 1 Zoll Durchmesser. Ist die Unruhe im Gleichgewichte oder in Ruhe, so äußert die Spirale nach keiner Richtung eine Spannung und ist ebenfalls im Gleichgewichte. Dreht man aber

Fig. 127.



den Kranz der Unruhe, so wird die Spiralfeder entweder auf- oder zugewunden; in Folge ihrer Elasticität sucht letztere in den Zustand des Gleichgewichtes zurückzukehren. Sobald dies geschehen ist, hat das Schwungrad die größte Geschwindigkeit erreicht und kann demnach nicht plötzlich in den Zustand der Ruhe übergehen, sondern muß seine Bewegung so lange fortsetzen, bis die nun wieder eintretende und durch das Auf- oder Zuwinden immer größer werdende Spannung der Spiralfeder die Geschwindigkeit des Schwungrades gleich Null macht. Da nun aber die Spiralfeder sich wieder im Zustande der Spannung findet, so wird sie, indem sie ins Gleichgewicht zu kommen sucht, in dem Augenblicke, als die Spiralfeder in die Ruhelage gelangt, die Unruhe mit sich zurückführen, welche wieder ihre größte Geschwindigkeit hat. Die mit der Spiralfeder in Verbindung gesetzte Unruhe schwingt demnach ohne Unterlaß fort, eben so wie ein aus seiner Gleichgewichtslage gebrachtes Pendel fortwährend oscillirt. Man kann sagen, daß die Spiralfeder für die Unruhe genau dasselbe ist, was die Schwerkraft für das Pendel. Die in Bewegung gesetzte Unruhe würde nie aufhören zu oscilliren, wenn nicht auch hier, wie bei jeder andern Bewegung, die Bewegungswiderstände, die Reibung der Zapfen der Unruhewelle gegen ihre Lager und der Luftwiderstand in Betracht kämen. Es ist von Wichtigkeit zu wissen, daß, bei geeigneter Construction der Spiralfeder, die Oscillationen der Unruhe unabhängig von ihrer Amplitude sind.

§. 623.

Die Hemmungen.

Wie schon oben (§. 620) angeführt, versteht man unter der Hemmung (Stoßwerk) oder dem Gang denjenigen Apparat, welcher den Regulator mit dem Räderwerke verbindet. Dasjenige Rad, welches mit dem eigentlichen Hemmungstheil in Berührung kommt, heißt das Hemmungsrad oder Steigrad (roue de rencontre, *escapement wheel*); es ist das letzte im ganzen Rädersystem und hat demnach die größte Umdrehungsgeschwindigkeit. Unter den verschiedenen Constructionen der Hemmung seien im Folgenden beschrieben: 1) die Ankerhemmung, 2) die Cylinderhemmung und 3) die freie Hemmung.

Die Ankerhemmung besteht in einem an der Pendelstange unterhalb des Drehungspunktes C (Fig. 128 und 129) befestigten und mit zwei

Fig. 128.



Fig. 129.



Haken 1 und 2 versehenen Kreisbogen b, welcher in die Zähne des Steigrades eingreifen kann. Die Stellung des Bogens oder Ankers b (ancre) ist der Art, daß, wenn die Pendelstange im Gleichgewicht sich befindet, der eine Haken gerade unter die Spitze eines der Zähne des Steigrades greift und dadurch alle Räder des Räderwerkes anhält, der zweite Haken dagegen außer aller Berührung mit dem Steigrade steht. Wird nun das Pendel in der Richtung des Pfeiles m aus der Gleichgewichtslage gebracht, so rückt der Haken 1 noch weiter unter den Zahn und das Stillstehen des Räderwerkes dauert fort, bis das Rad selbst dem Weiterrücken des Zahnes ein Ziel setzt, wo dann das Pendel in der Lage CM (Fig. 128) seine größte Schwungweite erreicht hat. Indem er nach der anderen Seite schwingt, wird das Rad B frei und kann nun wieder der Schwerkraft (des Gewichtes) oder der Elasticität der Feder folgen und sich so lange in der Richtung des Pfeiles m bewegen, bis der Haken 2 des Ankers (Fig. 129) zwischen die Zähne des Steigrades tritt und das Räderwerk wieder aufhält u. s. f. Auf diese Weise macht jedes Rad in den gleichen Zeiten, welche das Pendel zum Zurücklegen der einzelnen Schwingungen braucht, immer einen gleichen Ruck, d. h. die Bewegung sämmtlicher Räder wird dadurch eine gleichförmige.

Da das Pendel in der Zeit, in welcher es eine Oscillation macht, dem Steigrade immer nur um einen Zahn vorzurücken gestattet, da ferner die übrigen Räder sämmtlich eine geringere Umdrehungsgeschwindigkeit haben, als das Steigrad, und außerdem die Einrichtung getroffen ist, daß das Rad (Walzenrad oder Bodenrad), auf welches das Gewicht oder die Feder einwirkt, äußerst langsam sich bewegt, so vergeht eine große Zeit (ein Tag, eine Woche oder eine längere Zeit), bis das Gewicht am Ende seines Fallraumes angekommen oder die Feder ganz abgewickelt ist, demnach die bewegende Kraft und mit ihr die Bewegung des Räderwerkes zu Ende ist. Daß das Pendel die erforderliche Zeit hindurch und stets isochronisch schwingt, wird durch die Stöße der Ankerhemmung (daher Stoßwerk) erzielt, welche die Zähne des in Bewegung begriffenen Steigrades auf die Ankerhaken ausüben. Der

Schwingungsbogen des Pendels wird nach jeder Oscillation immer wieder um so viel vergrößert, als er während der Schwingung durch die gewöhnlichen Bewegungshindernisse vermindert worden ist. Bei einer Pendeluhr reguliren sich daher Pendel und Räderwerk gegenseitig.

§. 624.

Die Cylinderhemmung (échappement à cylindre) findet bei Unruheuhren Anwendung. Wesentlich ist hierbei ein eigenthümlich geformter hohler Cylinder, welcher die Welle der Unruhe bildet. Fig. 130 zeigt die Gestalt dieses Cylinders. Der Hemmungstheil bildet die Höhlung a b des Cylinders, welcher an der Stelle c, wo er mit den Zähnen des Steigrades in Berührung kommt, aufgeschnitten ist. Die Stellung des Cylinders zu dem Steigrade und die Einrichtung des letzteren ist aus Fig. 131 ersichtlich. Fig. 132 und 133 zeigen, auf welche Weise der Cylinder die Zähne des Steigrades hemmt und wieder frei läßt. Vermöge der Oscillationen der Unruhe dreht sich der Cylinder A um seine Axe B bald nach der einen, bald nach der andern Richtung. Der Zahn C (Fig. 132) stößt mit seinem Ende an die äußere Fläche des Cylinders, wodurch die Bewegung gehemmt wird; bald hat der Cylinder aber eine andere Lage angenommen (Fig. 133) und der Zahn C, welcher unter dem Einfluß der bewegenden Kraft sich fortbewegte, stößt von Neuem gegen die innere Seite des Cylinders. Der Cylinder nimmt darauf seine ursprüngliche Lage an, läßt den Zahn C frei und

Fig. 130.

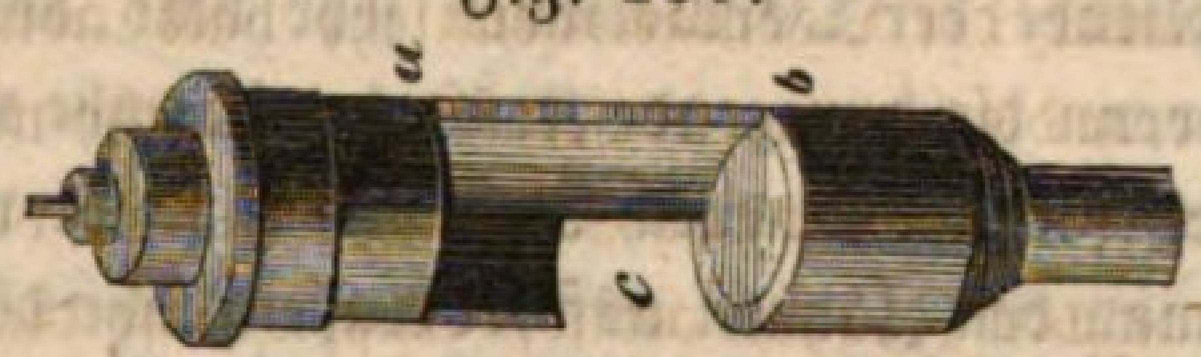


Fig. 131.

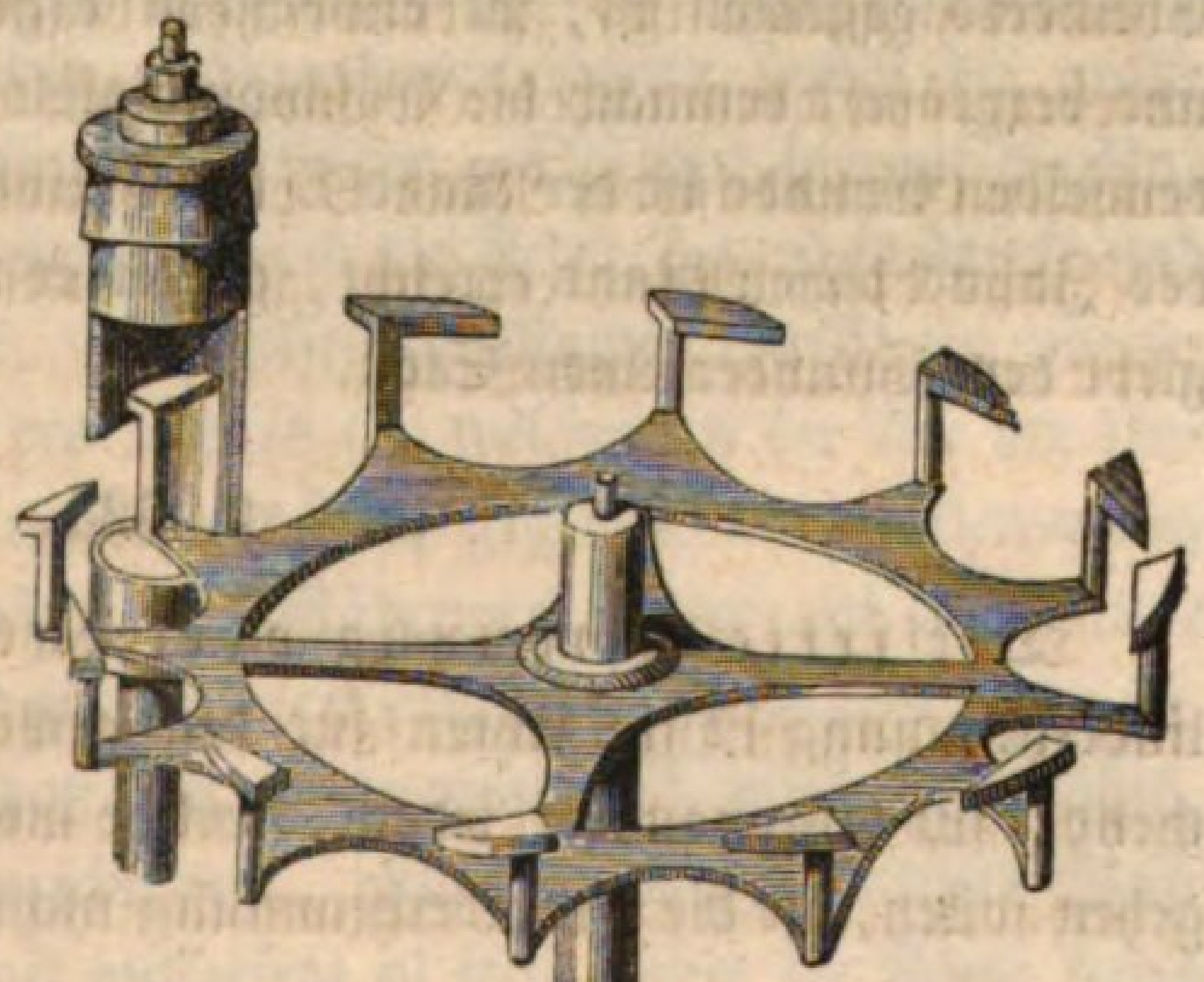


Fig. 132.

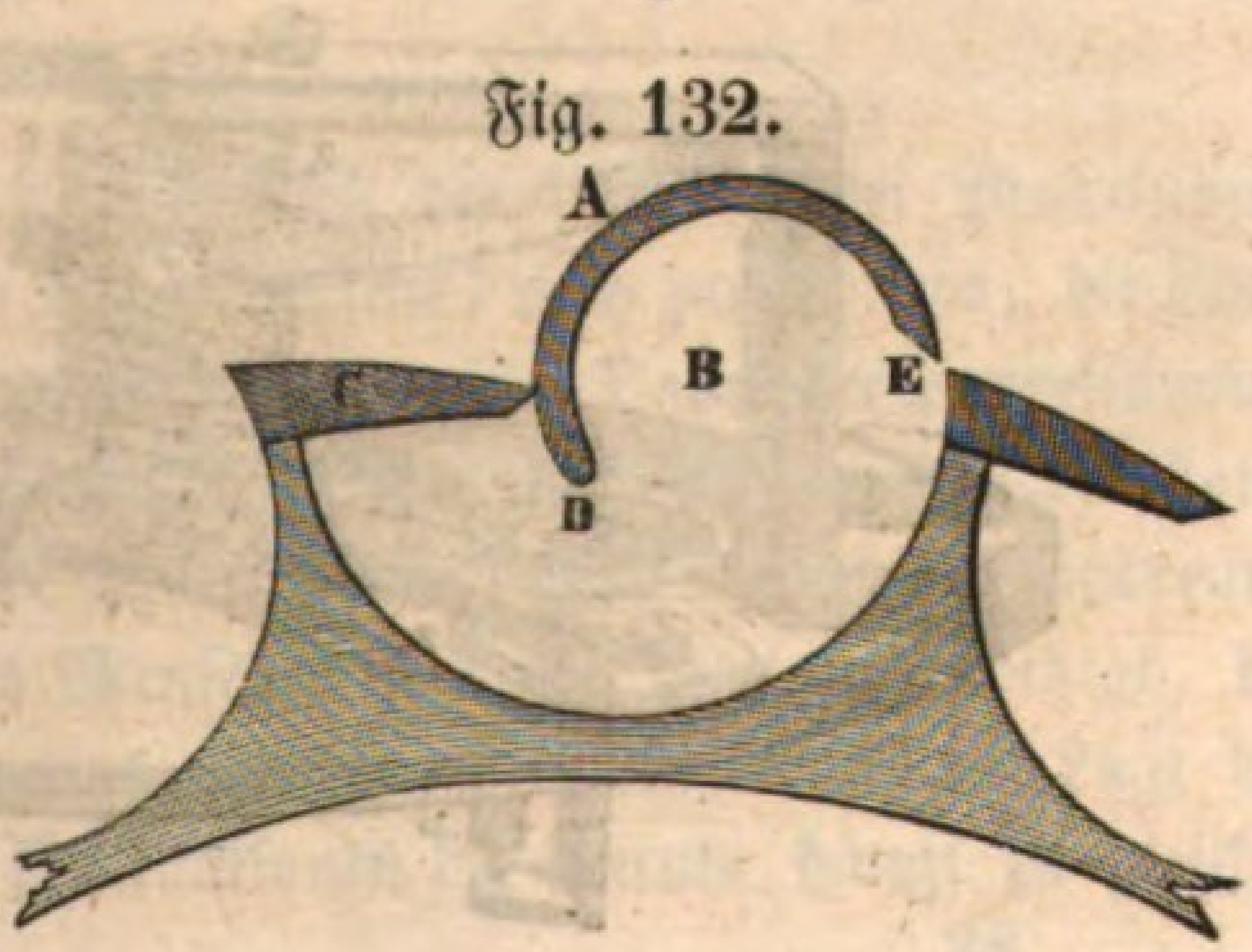
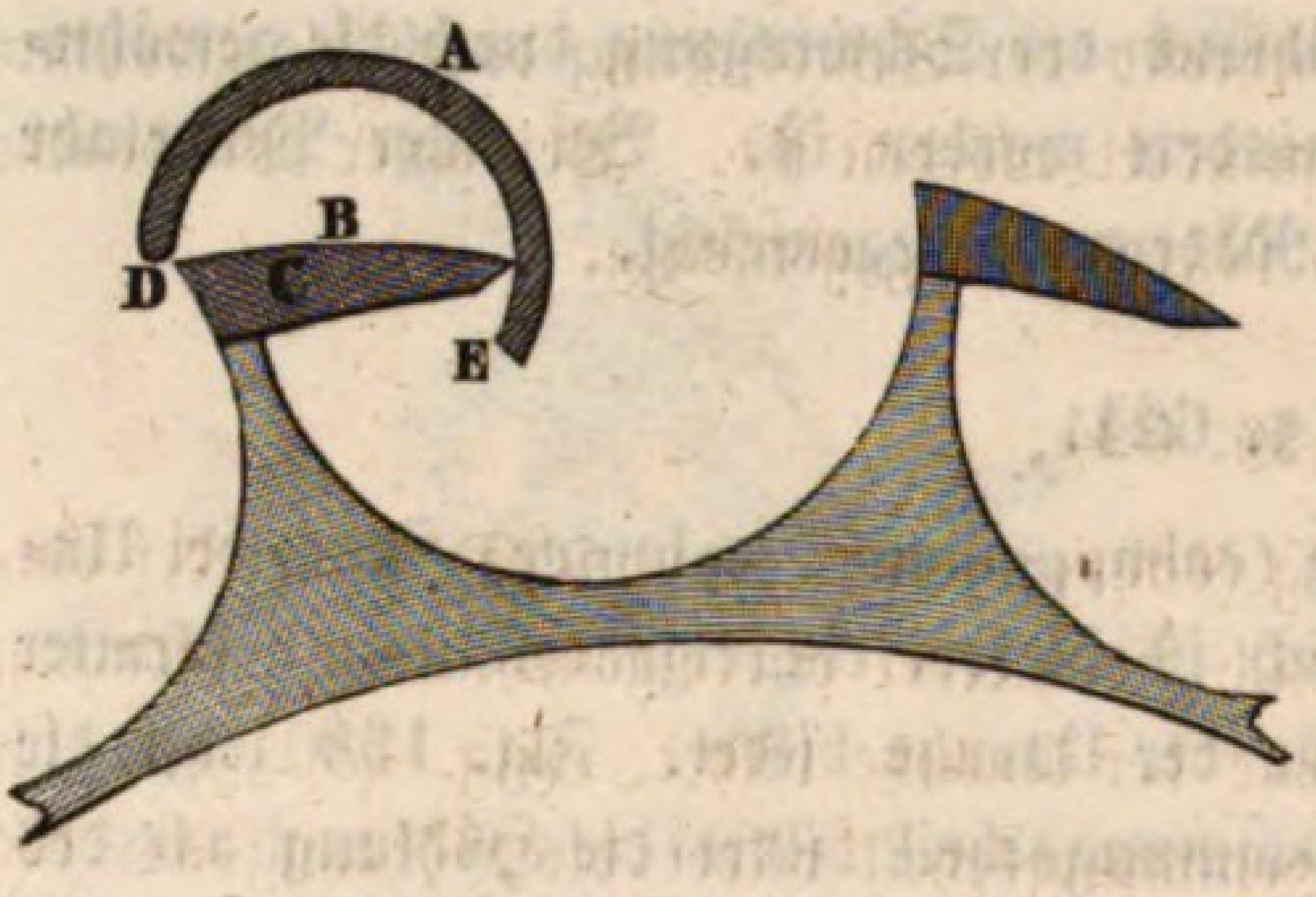


Fig. 133.



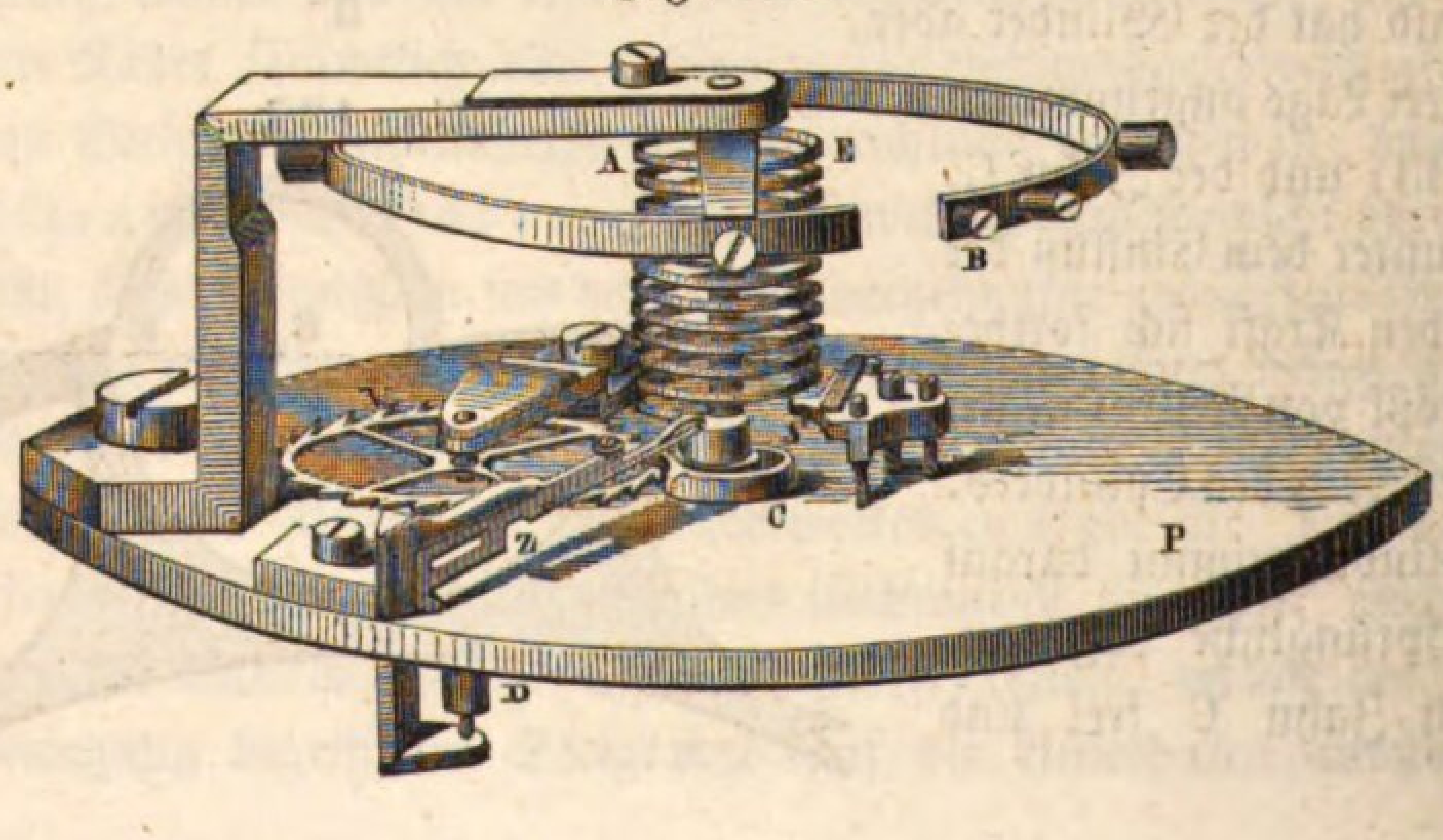
hemmt den nächsten Zahn durch seine Außenfläche u. s. w.

Bei dieser Art von Hemmung strebt ein Zahn des Steigrades, sobald er durch eine der beiden Cylinderflächen aufgehalten wird, in keiner Weise, den Cylinder nach der einen oder der anderen Seite hin zu bewegen; der Cylinder oscillirt nur durch die Spiralfeder. Durch die gewöhnlichen Bewegungswiderstände würde aber die Amplitude der Oscillationen sehr bald abnehmen und die Uhr stehen bleiben, wenn die bewegende Kraft der Unruhe nicht von Zeit zu Zeit die Bewegung ersetzte, die sie durch Reibung u. s. w. verloren hat. Zu diesem Behufe giebt man den Zähnen auf der Außenfläche die in Fig. 131 sichtbare Form; in dem Augenblicke, in welchem der Zahn C, nachdem er über die Außenfläche des Cylinders geglitten ist, zu entweichen beginnt, stößt er gegen den Rand D und vergrößert demnach die Geschwindigkeit der Bewegung der Unruhe. Aus demselben Grunde ist der Rand E des Cylinders zugeschärft; sobald das Ende des Zahns diesen Rand erreicht, gleitet er über eine kleine schiefe Ebene und giebt dem Cylinder einen Stoß.

§. 625.

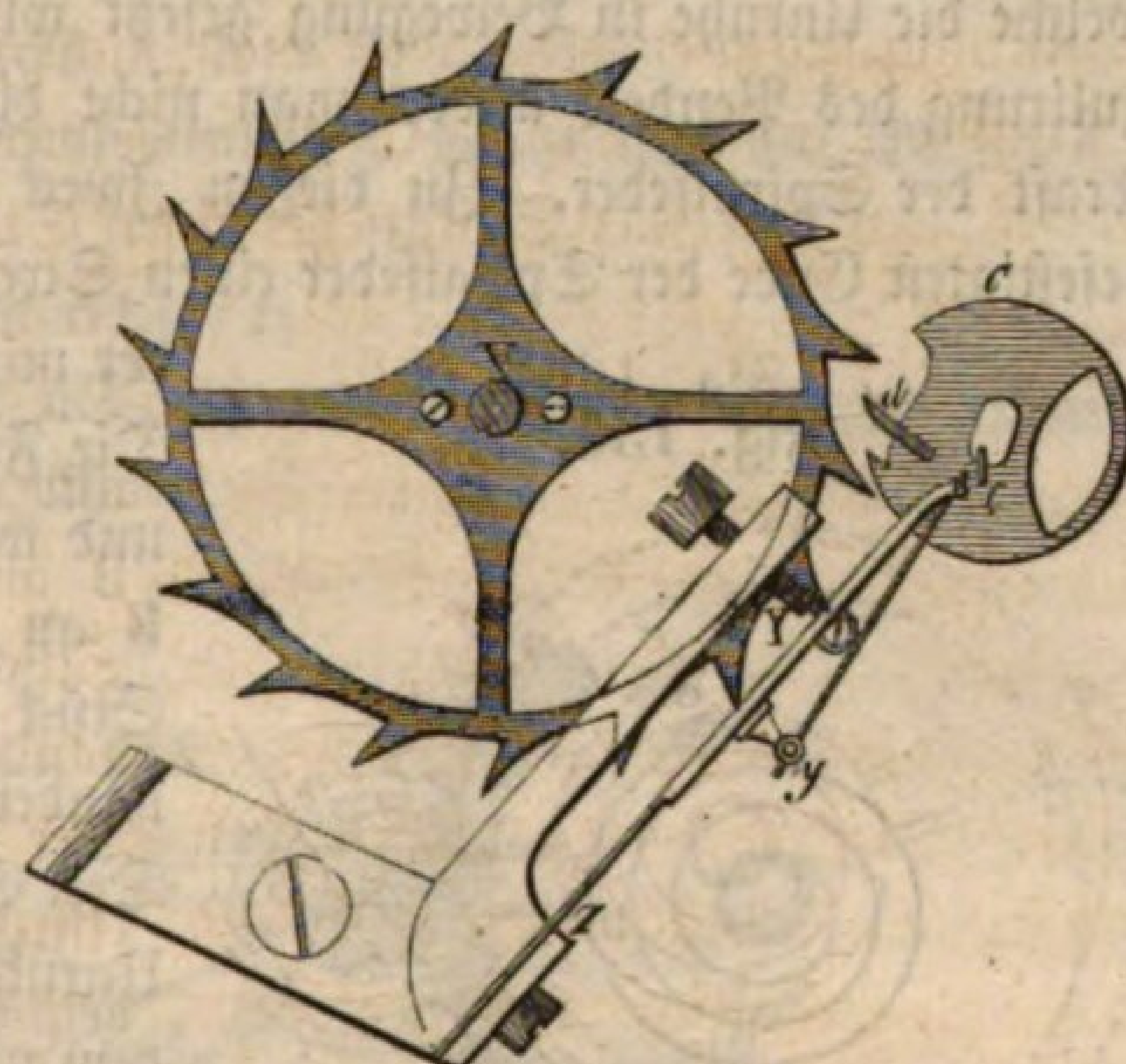
Die freie Hemmung oder das freie Stoßwerk. Die Cylinderhemmung ist für Uhren für den gewöhnlichen Gebrauch völlig ausreichend, für Chronometer jedoch, welche monatelang ohne merkliche Störung gehen sollen, ist die Cylinderhemmung nicht mehr genügend. Man hat des-

Fig. 134.



halb eine andere Hemmung, die freie Hemmung (échappement libre) construirt, bei welcher der Einfluß der bewegenden Kraft auf den Regulator (durch den Stoß des freiwerdenden Zahnes) nicht vorhanden ist. Fig. 134 ist die Ansicht, Fig. 135 der Aufriß des freien Stoßwerkes von Breguet. Das Wesentliche desselben ist ein starker Stahlfederstreifen Z, welcher in Y eine Hemmung aus Rubin hat, auf welche nach und nach jeder Zahn des Steigrades V trifft. Die Feder Z ist außerdem mit einer kleinen und sehr biegsamen Auslösungsfeder y versehen. Der kleine Ansatz c der Unruhe hebt die kleine Feder y, sobald die Bewegung in der einen Richtung, nämlich von oben gesehen rechts um, stattfindet, während unterdessen sowol die große Feder Z als auch das Steigrad in Ruhe bleiben. Oscillirt hierauf die Unruhe nach der entgegengesetzten Seite, so wird die Feder Z zurückgedrückt und ein Zahn des Steigrades wird frei. In demselben Momente trifft ein zweiter Zahn die ausgebrochene Stelle d des Kreises C, welcher an der Axe der Unruhe befestigt ist. Dadurch wird letzterer ein Stoß gegeben, der die Bewegung unterhält, ohne daß es nöthig wäre, das Räderwerk direct auf die Unruhe einwirken zu lassen, welche außerdem mit der Spiralfeder AES verbunden ist. Man sieht aus Vorstehendem, daß mit Ausnahme des geringen Stoßes, welchen die Unruhe erhält, letztere schwingt, ohne nur in irgend einer Weise dem Einflusse der bewegenden Kraft ausgesetzt zu sein, daher der Name freies Stoßwerk.

Fig. 135.

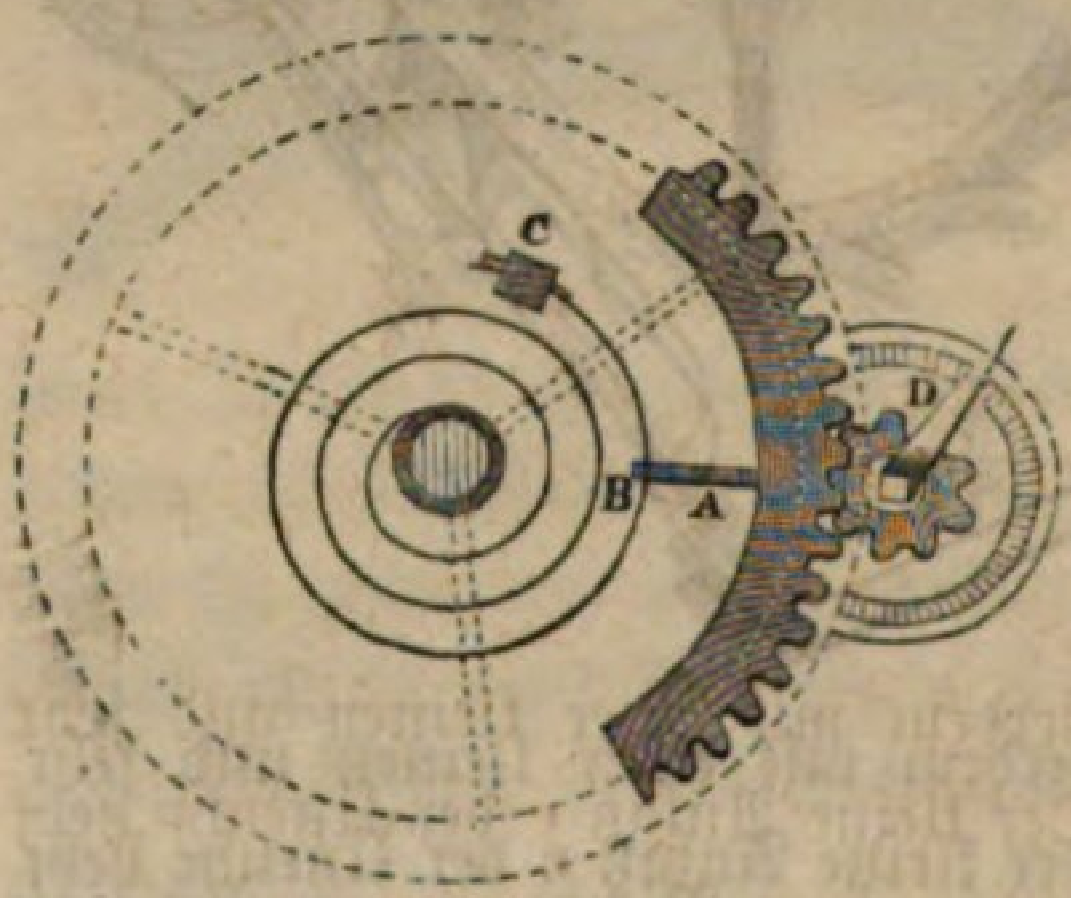


§. 626.

Reguliren der Unruhe (Stellen der Uhr). Bei Pendeluhren braucht man nur, damit die Uhr weder vorgehe, noch zurückbleibe, die Linse des Pendels höher oder niedriger zu schrauben. Die Dauer der Pendelschwingungen hängt bekanntlich von der Intensität der Schwere und von der Form des Pendels ab. Da die Schwere unveränderlich wirkt und eine Abänderung derselben nicht in der Gewalt des Menschen liegt, so ist man genöthigt, die Form des Pendels abzuändern, was einfach durch Aenderung der Lage der Linse geschieht. Die Dauer der Oscillationen der Unruhe hängt zu gleicher

Zeit ab von der Gestalt der Unruhe und der Kraft der Spiralfeder, durch welche die Unruhe in Bewegung gesetzt wird. Ganz entgegengesetzt der Regulirung des Pendels ändert man nicht die Form der Unruhe, sondern die Kraft der Spiralfeder. Zu diesem Zweck bringt man nicht weit von dem befestigten Ende der Spiralfeder einen Streifen (Klammer) A (Fig. 136) an, der mit einem Ausschnitte B versehen ist. Die Feder geht durch diesen Ausschnitt und wenn sie oscillirt, fängt sie erst von B an zu schwingen, so als wenn das Stück der Spiralfeder BC gar nicht vorhanden wäre und die Feder in B endigte. Der Streifen A kann um die Axe der Unruhe kreisförmig bewegt werden, indem man den Zeiger D der daneben befindlichen Scheibe (Stellscheibe), unter welcher das Stellrädchen liegt, nach der einen oder anderen Richtung dreht; dadurch wird die Länge der Spiralfeder verlängert oder verkürzt und folglich ihre Spannkraft verändert. Wird die Feder etwas verlängert, so geht die Uhr langsamer, wird sie verkürzt, so geht die Uhr schneller. Auf der in eine willkürliche Anzahl gleicher Theile eingetheilten Stellscheibe steht rechts das Wort *retardé* oder auch nur der Buchstabe *R*, links das Wort *avancé* oder nur *A*. Es läßt sich demnach durch Drehen des Stellzeigers mit dem Uhrschlüssel die Uhr, wenn sie vor- oder nachgehen sollte, in den richtigen Gang bringen.

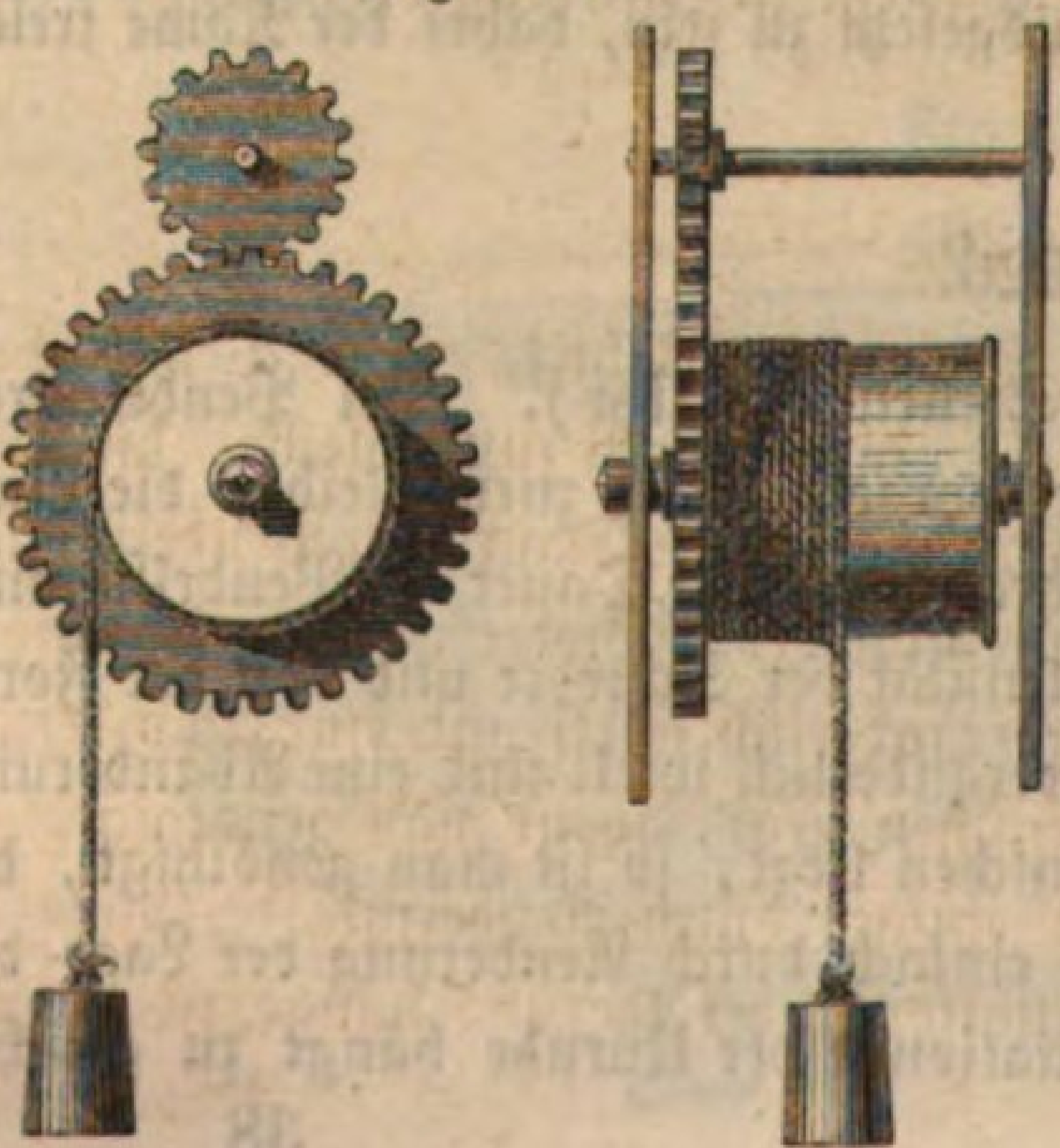
Fig. 136.



§. 627.

Das Räder- und Zeigerwerk.

Fig. 137.



So verschieden auch die Anwendung der Räder in Uhren von verschiedener Größe und Construction erscheint, so finden sich doch in jeder Uhr gewisse Räder in derselben Reihenfolge und mit den nämlichen Vorrichtungen. Diese Räder sind folgende:

A) Bei Pendeluhren:

1) das Boden- oder Walzenrad, auf welches der Bewegungsapparat (das Gewicht oder die Feder) unmittelbar einwirkt.

Fig. 137 zeigt das an der Walze befestigte Bodenrad einer Gewichtsuhr von vorn und von der Seite gesehen;

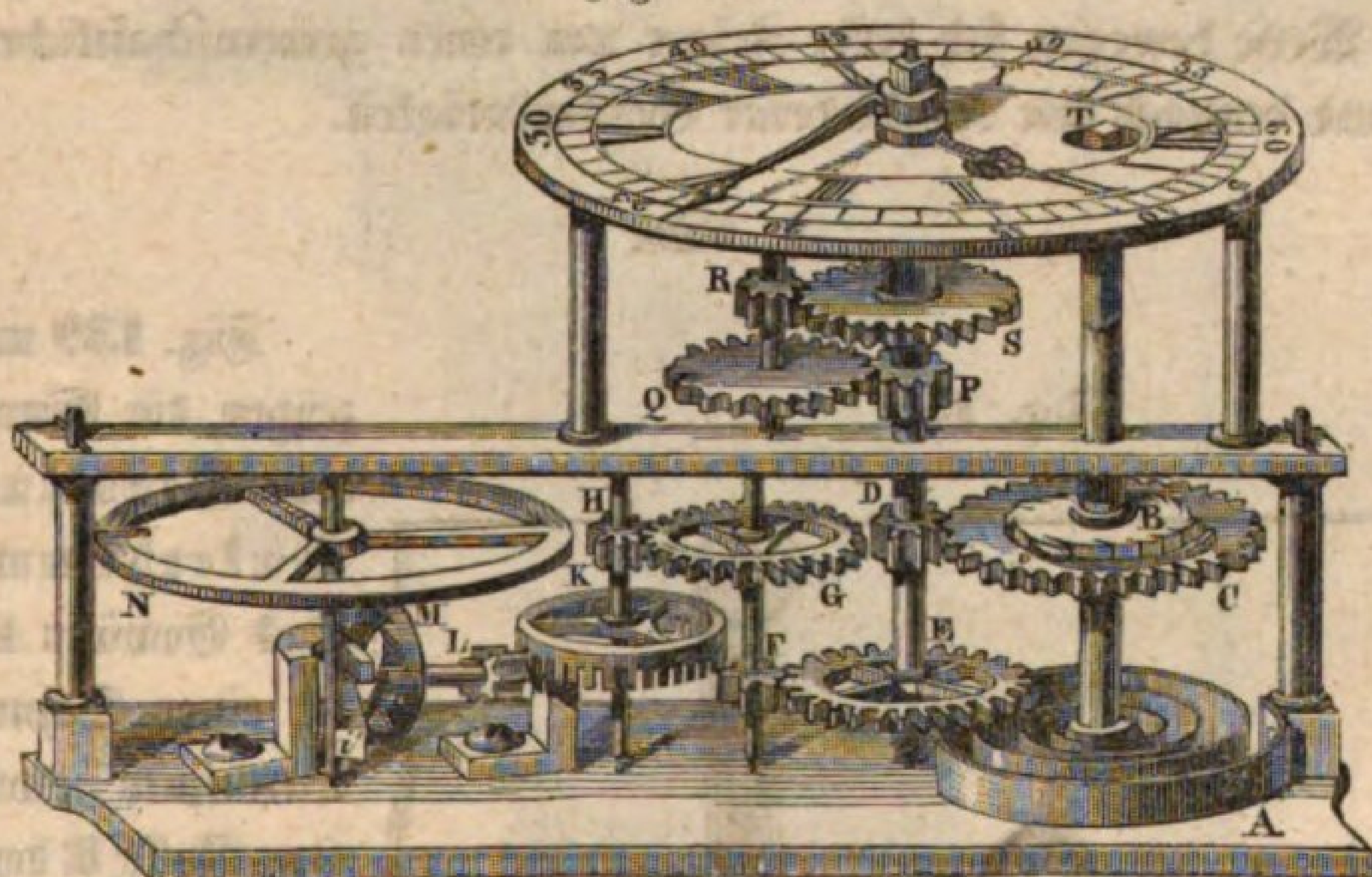
2) das Minutenrad (Großbodenrad), dessen Axe den Minutenzeiger führt;

3) das Mittelrad (Kleinbodenrad);

4) das Hemmungs- oder Steigrad mit schräg eingeschnittenen oder auf andere Weise geformten Zähnen.

B) Unruheuhren:

Fig. 138.



1) das Schnecken- oder Federhausrad, dem Bodenrade entsprechend;

2) das Minutenrad;

3) das Mittelrad;

4) das Kronrad;

5) das Hemmungs- oder Steigrad.

Das Steigrad (roue de rencontre, balance, *wheel*) abgerechnet, besteht das Räderwerk der Unruheuhren (Fig. 138) aus vier Rädern (roues) und vier Getrieben (pignons), welche auf folgende Weise in einander greifen. Das Federhaus- oder Schneckenrad C greift in das Getriebe D des Minutenrades E (roue de minutes, roue de longue tige), welches letztere das Getriebe F des Mittelrades G (petite roue moyenne) in Bewegung setzt. Das Mittelrad greift in das Getriebe H des Kronrades K (roue de champ) ein, welches wieder mit dem Getriebe L des Steig- oder Hemmungsrades M in Verbindung steht. Zwischen die Zähne des letzteren Rades faßt die Spindel (verge) mit den beiden Lappen i i (balettes), welche die Axe der Unruhe N (balancier) bildet. Steigrad und Spindel

machen die sogenannte Spindelhemmung (échappement à recul) aus, welche bei den besseren Uhren gegenwärtig durch die Cylinderhemmung (Seite 591) ersetzt ist. A ist die Feder (ohne Federhaus). N die Unruhe ist ohne Spirale abgebildet. Die Bestimmung des auf dem Federhausrade befindlichen Sperrrades ist §. 631 beschrieben. Die verlängerte Axe des Minutenrades E trägt an ihrem Ende den Minutenzeiger und in der Mitte etwa das Getriebe P, welches in das Rad Q eingreift; die Axe des Rades Q greift dagegen durch das Getriebe in das Rad S ein. Letzteres Rad ist an einen hohlen Cylinder befestigt, durch welchen die Axe des Minutenzeigers geht. Am Ende dieses hohlen Cylinders ist der Stundenzeiger angebracht. Auf diese Weise bewegen sich beide Zeiger um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt und dennoch mit verschiedener Geschwindigkeit.

§. 628.

Fig. 139.

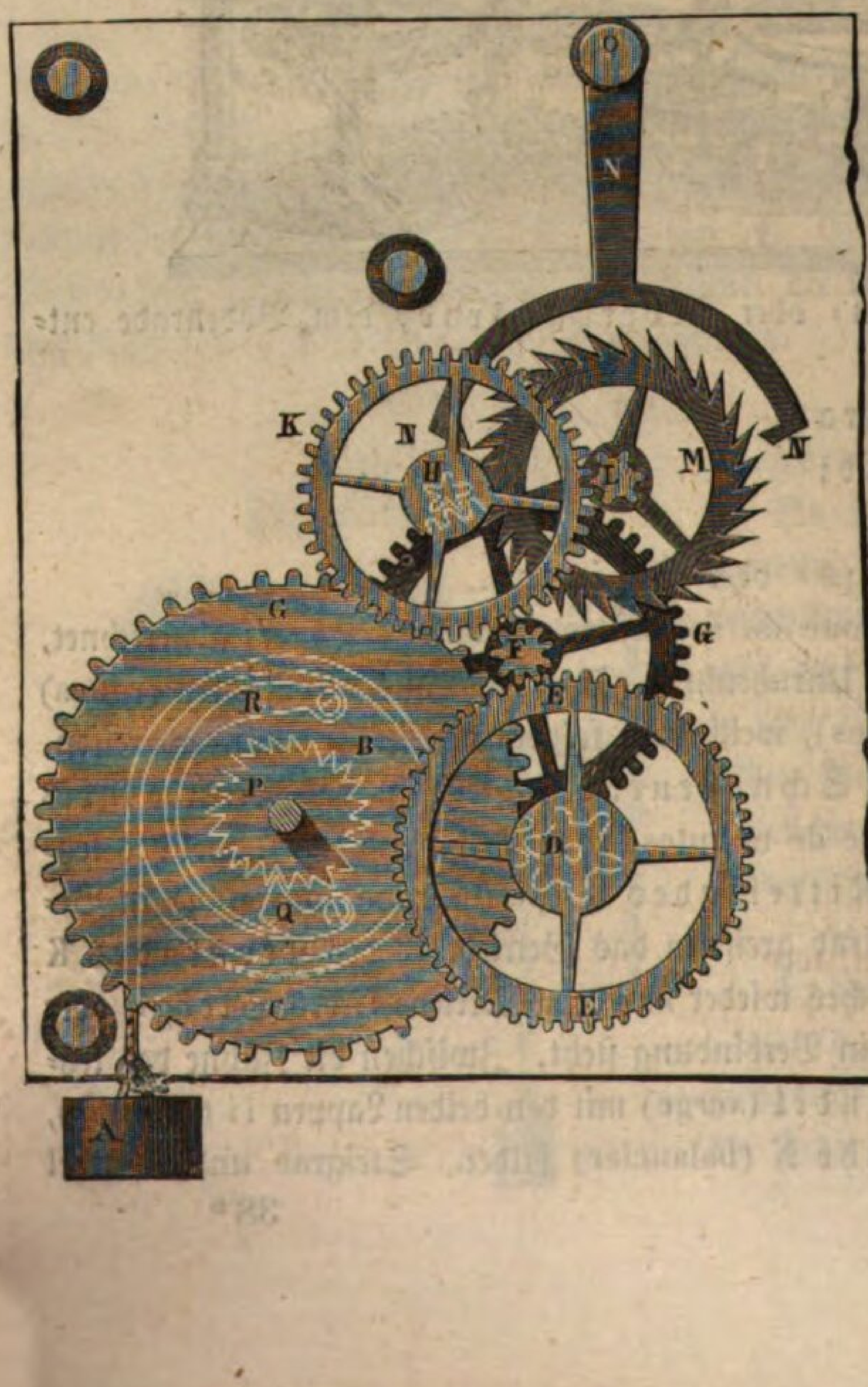
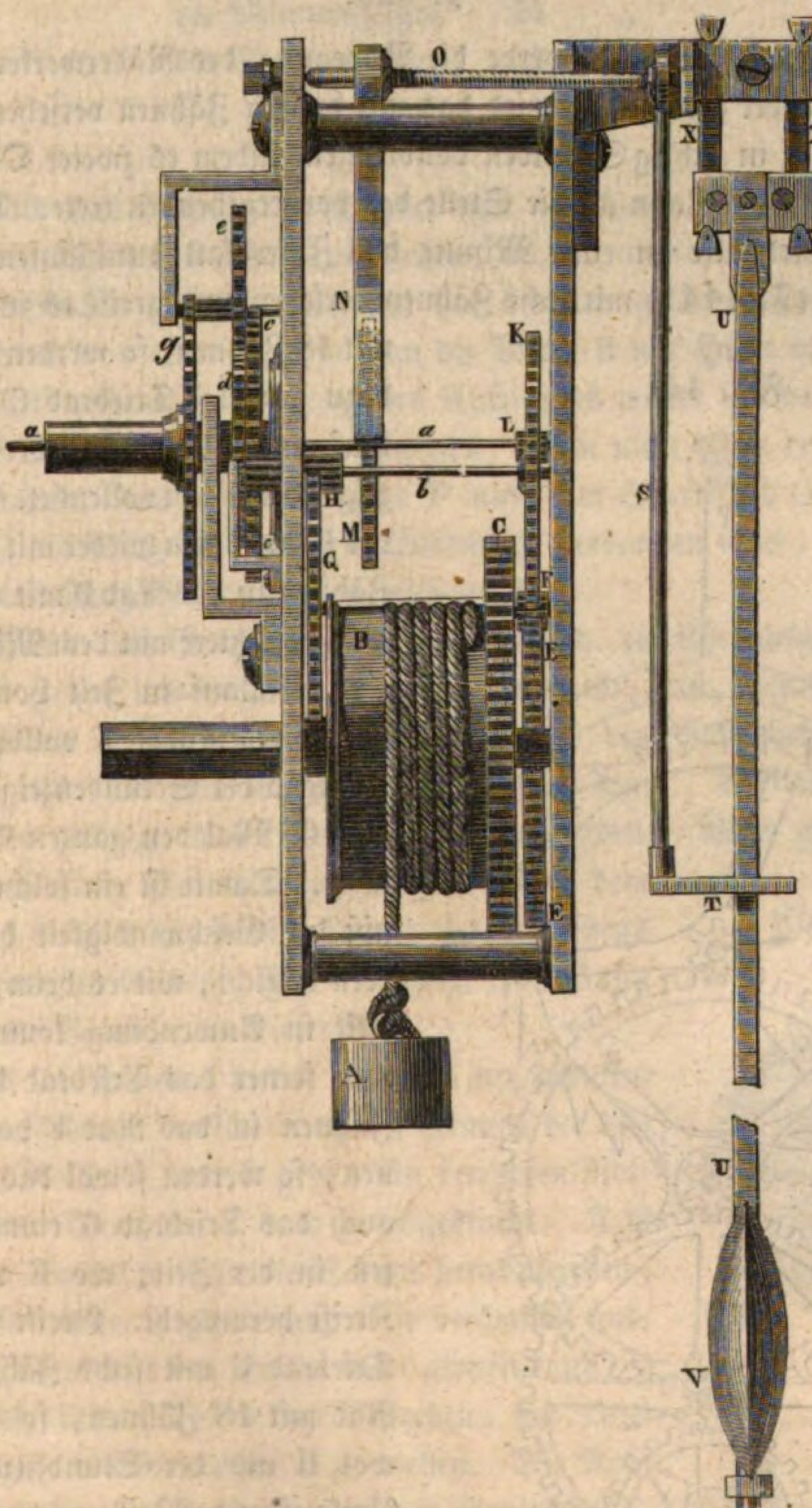


Fig. 139 und 140 zeigen die Einrichtung einer Pendeluhr mit Ankerhemmung. Das Gewicht A hängt an einer Schnur oder Darmsaite, welche an einer Rolle B der Walze befestigt und um dieselbe aufgewunden ist. Indem es durch die Schwere allmälig sinkt, dreht es die Walze und folglich auch das Boden- oder Walzenrad C; letzteres bewegt durch das Triebrad D das Rad E, dieses wieder durch F das dritte Rad G, letzteres durch H das vierte Rad K, welches endlich durch das Triebrad L in das Steigrad M eingreift. Der um den Punkt O bewegliche

Fig. 140.

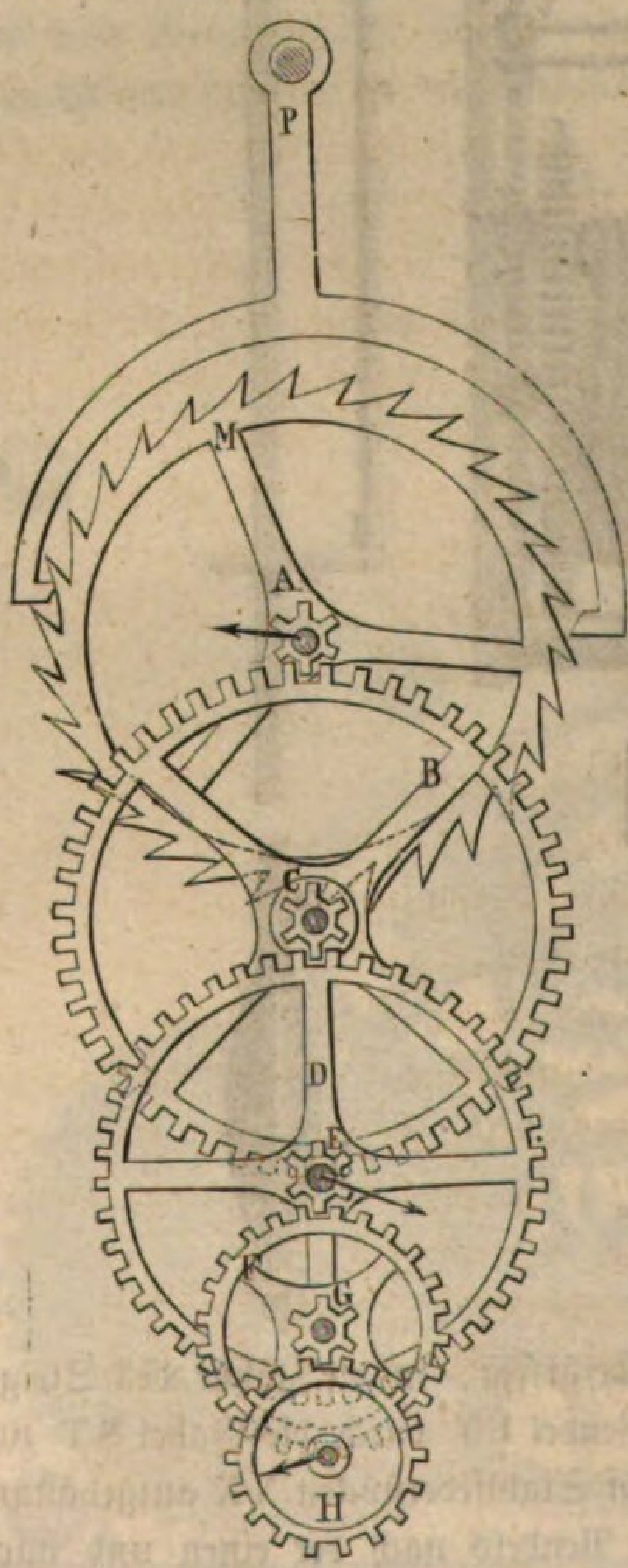


Anker NN greift, wie §. 623 auseinandergesetzt, in die Zähne des Steigrades ein. Der Anker hängt mit dem Pendel UV durch die Gabel ST zusammen. Das Pendel ist an den beiden Stahlfederstücken XX aufgehängt, welche sich während des Schwingens des Pendels nach der einen und nach der anderen Seite hin biegen.

§. 629.

Nehmen wir an, es werde die Bewegung des Räderwerkes durch ein Sekundenpendel geregelt, so wird das mit dreißig Zähnen versehene Steigrad einen Umlauf in sechzig Sekunden vollbringen, indem es zweier Oscillationen bedarf, damit ein Zahn an die Stelle des vorhergehenden trete. Der Sekundenzeiger wird also in einer Minute das Zifferblatt durchlaufen. Ist das Triebrad A (Fig. 141) mit sechs Zähnen versehen und greift es in das Rad B mit 48 Zähnen, so werden B und das dazu gehörige Triebrad C einen Umlauf machen, während der Sekundenzeiger deren acht vollendet. Das Triebrad B greift nun wieder mit seinen sechs Zähnen in das Rad D mit 45 Zähnen, welches letztere mit dem Minutenzeiger einen Umlauf in Zeit von $7^1/_2$ Umläufen des Rades K vollbringt, d. h. während der Sekundenzeiger $8 \times 7^1/_2$ oder 60 Mal den ganzen Kreis durchläuft. Damit ist ein solches Verhältniß der Geschwindigkeit bei den Rädern erreicht, wie es beim Messen der Zeit in Anwendung kommt. Greift nun ferner das Triebrad E von sechs Zähnen in das Rad F von 24 Zähnen, so werden sowol das letztere als auch das Triebrad G einmal umlaufen in der Zeit, wo E viermal im Kreise herumgeht. Greift endlich das Triebrad G mit sechs Zähnen in das Rad mit 18 Zähnen, so machen sowol H als der Stundenzeiger einen Umlauf in der Zeit von drei Umläufen des Rades G und von zwölf Umläufen des Rades E. Da nun der Minutenzeiger sein Zifferblatt in einer Stunde durchläuft, so wird der Stundenzeiger das seinige erst in zwölf Stunden, demnach in 24 Stunden zweimal durchlaufen. Auf diese Weise macht in 24 Stunden

Fig. 141.



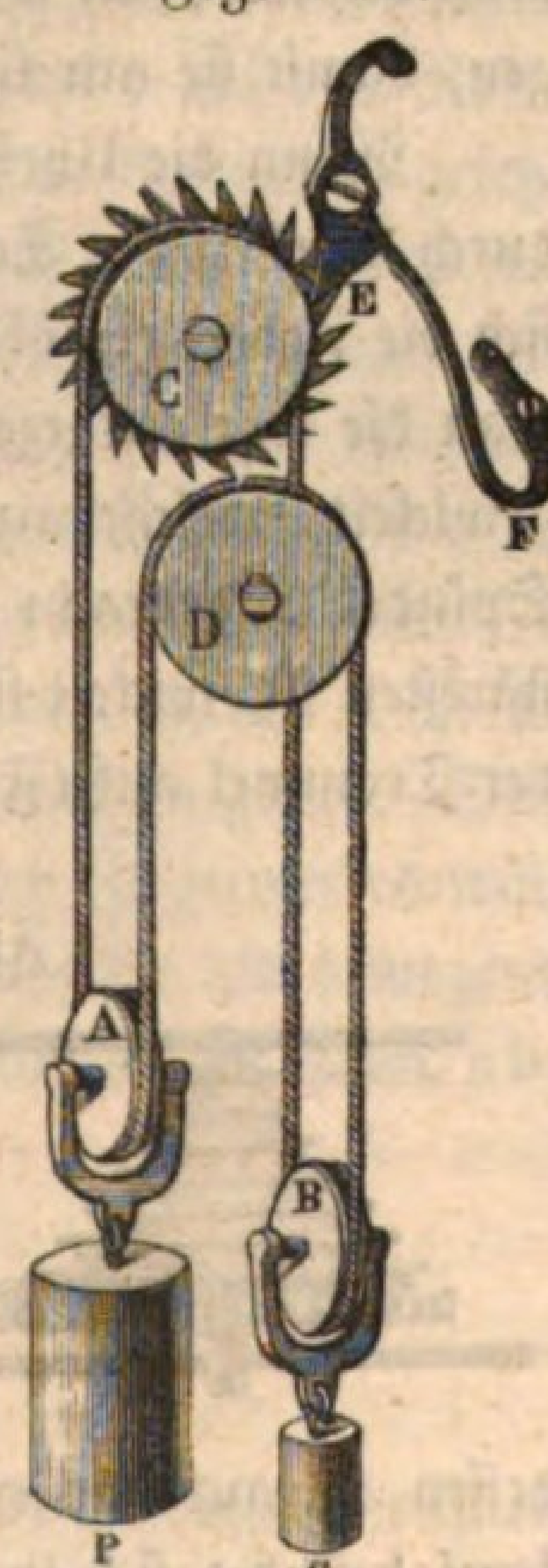
der Sekundenzeiger 1440 Umläufe,
der Minutenzeiger 24 „
der Stundenzeiger 2 „

§. 630.

Sobald das Gewicht die Schnur von der Walze B (Fig. 140) abgewickelt hat, bleibt das Räderwerk stehen, wofern man nicht von Neuem die Schnur aufwickelt und das Gewicht hebt. Dies geschieht nun durch das Aufziehen der Uhr, indem man die Walze B mit Hülfe des Uhrschlüssels verkehrt umdreht. Während des Aufziehens würde sich das Räderwerk gleichfalls in verkehrter Richtung bewegen, wenn nicht durch das Gesperr (encliquetage), aus dem Sperrrade P und dem Sperrkegel Q (Fig. 138) bestehend, die Walze so mit dem Bodenrade verbunden wäre, daß letzteres während des Aufziehens sich nicht mitbewegt.

Während das Gewicht aufgewunden, d. h. die Uhr aufgezogen wird, bleiben die Zeiger unbeweglich, woraus hervorgeht, daß, wenn die Uhr vor dem Aufziehen genau die Zeit angab, sie nach dem Aufziehen um so viel nachgeht, als Zeit zum Aufziehen erforderlich war. Bei astronomischen Uhren ist es wichtig, diesen Uebelstand zu vermeiden. Man gelangt dahin durch eine einfache Vorrichtung, durch welche es dem Räderwerk möglich ist, selbst während des Aufziehens in Bewegung zu bleiben. Fig. 142 zeigt eine häufig angewendete Construction dieser Art.

Fig. 142.



Zwei lose Rollen A und B sind an einer endlosen Schnur aufgehängt, welche durch die Rinnen der beiden festen Rollen C und D geht. An den losen Rollen sind die Gewichte P und p angebracht. Das stärkste der Gewichte sucht die Schnur herabzuziehen; da die Rinnen der Rollen C und D so beschaffen sind, daß die Schnur auf den Rollen nicht gleiten kann, so haben diese beiden Rollen das Bestreben, sich unter dem Einflusse des Gewichtes P zu drehen. Die Rolle C trägt seitlich ein Sperrrad mit dem Sperrkegel E, welcher durch die Feder F gegen das Rad gedrückt wird, so daß die Rolle C dem Gewichte P nicht folgen kann. Die andere Rolle D ist an das erste der Räder des Räderwerkes befestigt; vermöge des Gewichtes P bewegt sich diese Rolle und mit ihr das Räderwerk. Das kleine Gewicht p dient dazu, die Schnur der-

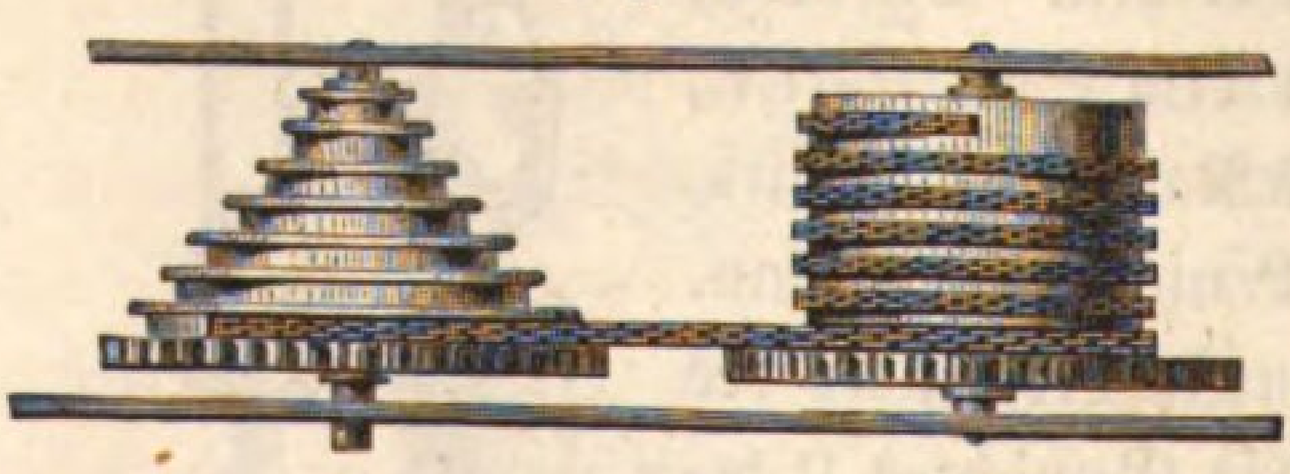
gestalt gespannt zu erhalten, daß sie nicht aus der Rinne der Rollen C und D gleiten kann; dieses kleine Gewicht geht in die Höhe, während das andere abwärts steigt. Um die Uhr aufzuziehen, zieht man einfach die Schnur, welche von C nach B geht, abwärts, dadurch dreht sich die Rolle C, ohne daß der Sperrkegel die Drehung verhindert und das Gewicht P geht in die Höhe, ohne dessen Wirkung auf die Schnur von D zu A zu beeinträchtigen. Da mithin die Rolle D unaufhörlich der Einwirkung des Gewichtes, als bewegender Kraft, unterliegt, selbst während des Aufziehens, so drehen sich Räder und Zeigerwerk ununterbrochen.

§. 631.

Ist die bewegende Kraft eine Feder, welche ohne Schnecke unmittelbar auf das Räderwerk einwirkt, so läßt es sich durch einfache Abänderung in der Zusammenstellung der Uhrenbestandtheile dahin bringen, daß Räder und Zeiger sich auch während des Spannens der Feder, des Aufziehens, bewegen. Man braucht zu dem Ende die Feder nur in ein Federhaus zu bringen, welches an das erste Rad des Räderwerkes befestigt ist, und sie auf die Weise aufzuziehen, daß man die Axe, an welcher ihr inneres Ende befestigt ist, dreht. So ist die Einrichtung in allen Uhren, in welchen die Cylinderhemmung die Schnecke hinwegzulassen gestattet hat. Selbstverständlich muß die Axe, an welcher die Feder inwendig befestigt ist, ein Sperrrad tragen, damit sie nur in der einen Richtung gedreht werden könne.

Wenn die Uhrfeder vermittelst der Schnecke wirkt, so geht das Aufziehen durch Drehen der Schnecke in einer Richtung vor sich, welche der, in welcher sich die Feder gewöhnlich bewegt, entgegengesetzt ist. Die Kette ist, wenn man die Uhr aufgezogen hat, fast ganz in der schneckenförmigen Furche aufgewickelt, welche auf der äußeren kegelförmigen Oberfläche der Schnecke oder Spindel angebracht ist. Während nun die Spannkraft der Feder jetzt am stärksten ist, wickelt sie die Kette über die Cylinderfläche des Federhauses oder der Trommel auf (Fig. 143) und wirkt dabei auf die Schnecke an der Stelle, wo letztere den kleinsten Umfang hat. Damit die retrograde Bewegung der Schnecke während des Aufziehens sich nicht auf das Räderwerk fortpflanze, ist ein Sperrrad (Fig. 145) angebracht, vermittelst dessen sie auf das erste Rad der Uhr einwirkt. Dieses Sperrrad mit Sperrkegel befindet sich in der Mitte des Zahnrades. Um diese Einrichtung deut-

Fig. 143.



licher zu zeigen, sind Schnecke und Zahnrad in der Zeichnung (Fig. 145) ein wenig von einander entfernt dargestellt.

Fig. 144.

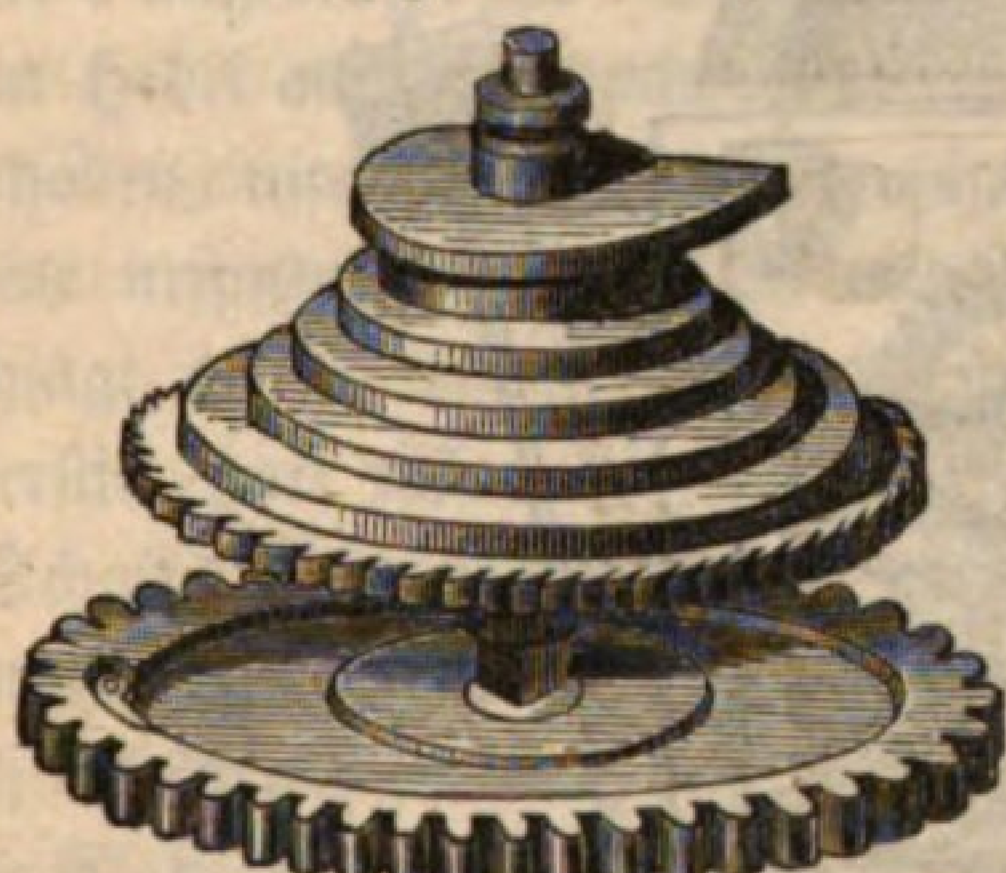


Fig. 145.

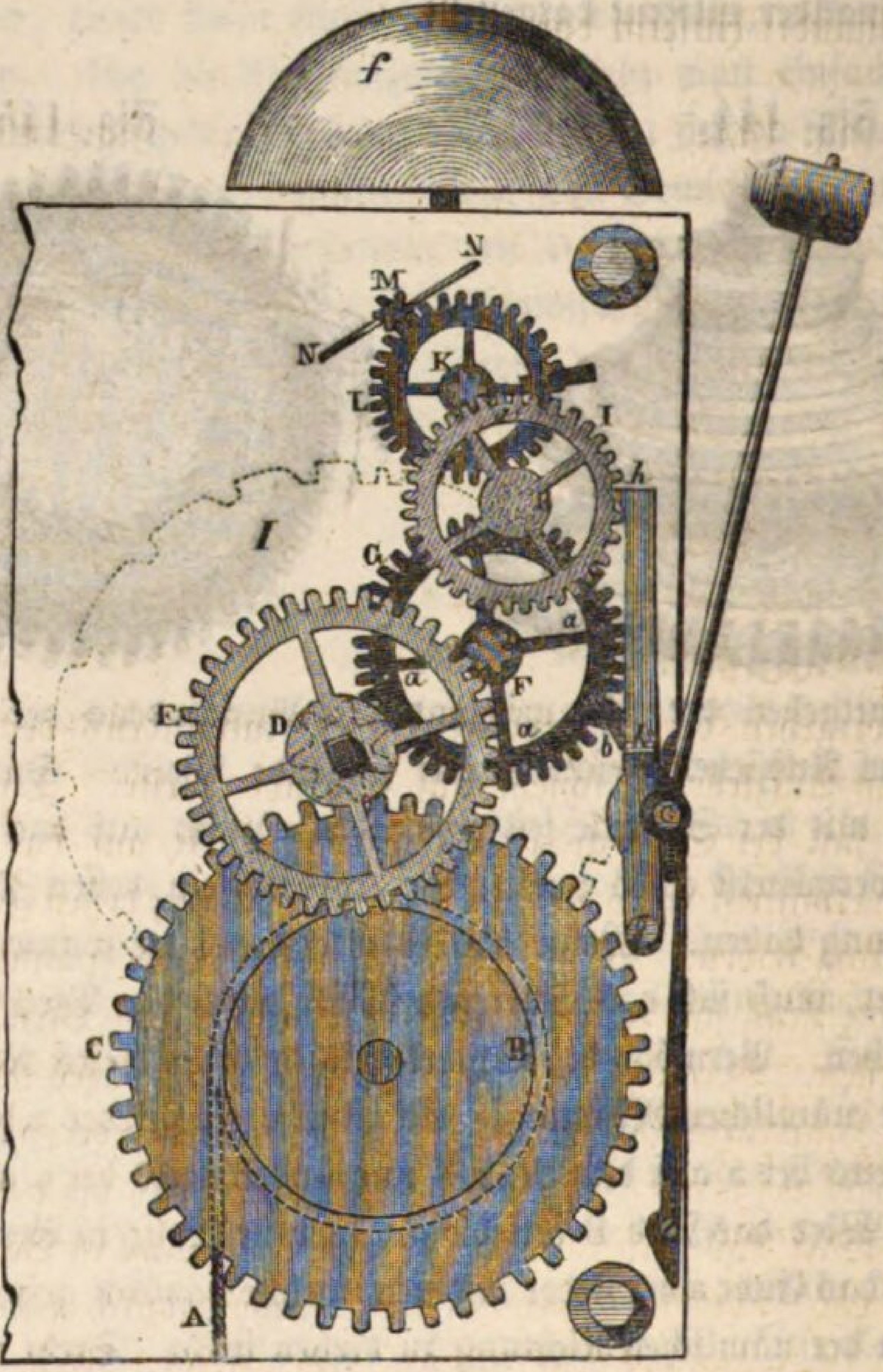


Das Fortgehen der Uhr während des Aufwindens der Kette auf die Schnecke beim Aufziehen geschieht auf folgende Weise. Das Sperrrad A (Fig. 145), mit der Schnecke fest verbunden, wirkt auf das erste Rad des Räderwerks vermittelst eines zweiten Sperrrades B ein, dessen Zähne entgegengesetzte Richtung haben. Wenn die Uhrfeder die Kette spannt und somit die Schnecke dreht, muß sich das Sperrrad in der durch den Pfeil f angedeuteten Richtung drehen. Vermöge des Sperrkegels m dreht dieses Rad das Sperrrad B in der nämlichen Richtung. Es ist nun eine Feder a b c vorhanden, welche einerseits bei a auf dem Rad B und andererseits bei c auf dem Rad C befestigt ist. Wird das Rad B auf die angegebene Weise in Bewegung gesetzt, so nimmt es das Ende a der Feder mit sich, welche dadurch gespannt wird und das Rad C in der nämlichen Richtung zu drehen strebt. Dreht man nun beim Aufziehen der Uhr die Schnecke und folglich auch das Rad A in der Richtung des Pfeiles f', so kann das Rad B wegen des hindernden Sperrkegels n sich nicht mit drehen; da das Ende a der Feder a b c nicht rückwärts kann, so fährt die Spannkraft dieser Feder fort, den Punkt c des Rades C in der Richtung des Pfeiles f zu ziehen und die Uhr hört nicht auf zu gehen. Diese Feder genügt mithin, um die Bewegung des Räder- und Zeigerwerkes während des Aufziehens der Uhr zu unterhalten: tritt darauf die als bewegende Kraft dienende Uhrfeder wieder in Wirksamkeit, so erstattet sie der Feder a b c die während des Aufziehens verlorne Spannkraft.

§. 632.
Das Schlagwerk.

Das **Schlagwerk** (sonnerie, *striking work*) einer Gewichtsuhr ist ein besonderes von dem **Gang-** oder **Gehwerke** der Uhr unabhängiges Rä-

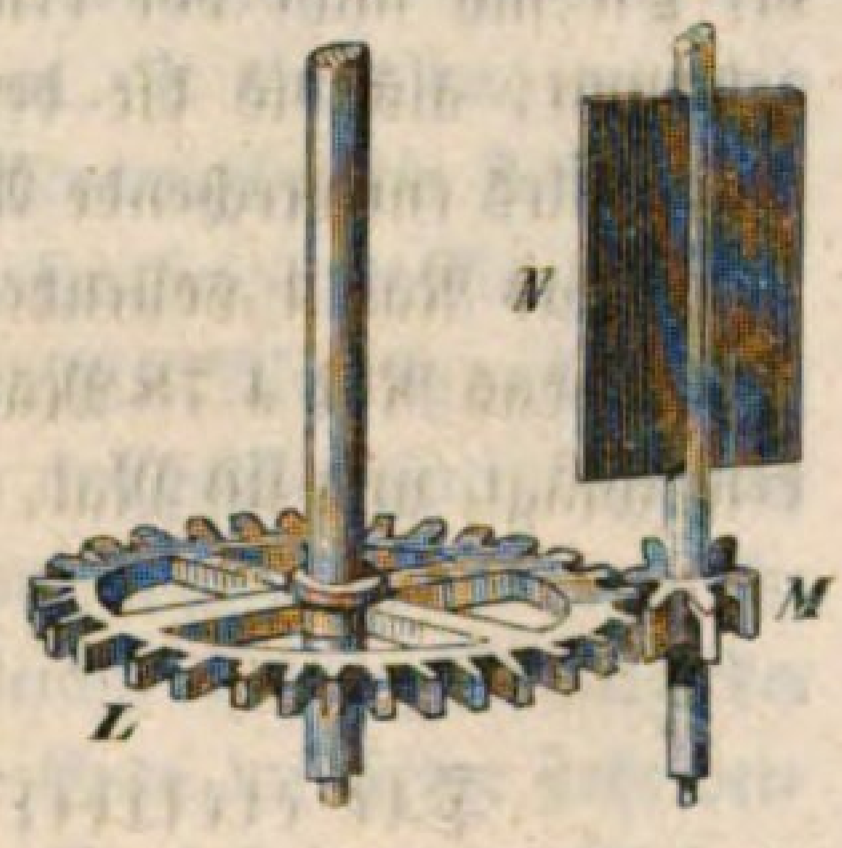
Fig. 146.



derwerk, das Laufwerk, welches gleichfalls von einem Gewicht getrieben wird. Fig. 146 zeigt die wesentlichsten Theile eines Schlagwerkes. C ist das Walzenrad, in welchem sich die Walze oder Rolle B befindet, um welche die Schnur A, an der das Gewicht hängt, gewickelt ist. Dieses Rad greift in das Getriebe D des Rades E (Schloßrad) und dieses wiederum in das Getriebe F eines dritten Rades G (Schlagrad) ein. Die Bewegung dieses Rades pflanzt sich durch H auf ein viertes Rad J (Schöpferrad), von da durch K auf ein fünftes Rad L (Anlauf- oder Warnungsrad) fort. Letzteres führt das Getriebe M, dessen Welle eine rechteckige Platte NN aus dünnem Blech, den Windfang (Fig. 146 und 147) trägt, welche bei der Bewegung des Räderwerkes in der Luft ein Rad oder vielmehr einen Cylinder beschreibt. Indem jene Flügel an der Luft einen bedeutenden Bewegungswiderstand finden, dienen sie zur Mäßigung der Bewegung des Schlagräderwerkes. Das Schlagrad G trägt in seinem Radkranze zehn Stifte aa

(Schlagnägel), welche senkrecht zur Radfläche eingesetzt sind und beim Umlauf des Rades auf den Hebel b wirken, an dessen Ende der Hammer c angebracht ist. Sobald ein Schlagnagel den Hebel ausläßt, nachdem er ihn in die Höhe gehoben, nimmt der Hebel vermöge einer Feder seine ursprüngliche Lage an und der Hammer schlägt an die Glocke an. Wenn der Hammerstiel starr wäre, so könnte er die Glocke (Schale) nicht berühren; da er aber biegsam und elastisch ist, so kann der Hammer in Folge der erlangten Geschwindigkeit die Gleichgewichtslage passiren und an die Glocke schlagen, um sofort durch die Elasticität des Stieles wieder rückwärts geschnellt zu werden. Es ist einleuchtend, daß der Hammer jedesmal einen Schlag ausüben wird, sobald ein Schlagnagel a den Hebel b hebt.

Fig. 147.



§. 633.

Zur Vermeidung einer Unordnung in der Anzahl der Schläge ist es unumgänglich nothwendig, eine Einrichtung zu treffen, welche das Schlagwerk verhindert, sich früher in Bewegung zu setzen, als nöthig ist. Diese wird durch die sogenannte Warnung bewerkstelligt. Auf der Radebene des Warnungsrades J befindet sich ein Stift i, welcher mit dem Ende des Hebelarmes in Verbindung steht. Dieser um den Punkt g bewegliche Hebel wird durch eine Vorrichtung von verschiedener Einrichtung, je nach der Beschaffenheit der Uhr, in dem Augenblicke gehoben, wo das Schlagwerk sich in Bewegung setzen soll. Sobald der Hebel g h wieder seine ursprüngliche Lage annimmt, bleibt das Rad J, nachdem es einen Umgang gemacht hat, stehen, indem der Hebel sich vor den Stift a legt und sonach dieses Rad an der weiteren Bewegung hindert.

Damit das Schlagwerk die der durch das Zeigerwerk angegebenen Stunde entsprechende Anzahl von Schlägen mache, ist an dem Hebel g h ein Hebelarm k befestigt, welcher auf die Peripherie des Rades l (Schloßscheibe), an dessen Umfange ungleichmäßig vertheilte Einschnitte sich befinden, sich stützt. Da das Rad l an der Welle des Rades E befestigt ist, so dreht es sich in der nämlichen Zeit, als das Räderwerk läuft, aber äußerst langsam, so daß nach und nach die verschiedenen Punkte seines Umfanges dem Hebelarme k dargeboten werden. Wenn im Augenblicke, wo der Hebel g h herabfällt, der Hebelarm k in einen Ausschnitt eingreift, hält das Ende h des Hebels den Stift i auf; da aber der Hebelarm k durch den zwischen zwei

Ausschnitten liegenden Theil des Rades l gehalten wird, so kann der Hebel gh sich nicht vor den Stift legen und das Räderwerk wird nicht eher gehemmt, als bis die der Länge jenes zwischen den Ausschnitten liegenden Radtheiles entsprechende Anzahl von Schlägen erfolgt ist.

Das Rad l vollendet eine Umdrehung in zwölf Stunden. In dieser Zeit ist das Rad J 78 Mal herumgekommen, wenn die Uhr nur ganze Stunden schlägt, und 90 Mal, wenn auch die halben Stunden geschlagen werden.

§. 634.

Die elektrischen oder galvanischen Uhren.

Eine der schönsten Anwendungen, welche von dem elektrischen Telegraphen gemacht worden sind, ist ohne Zweifel die Construction der elektrischen Uhren. Warum, sagt v. Steinheil in München, hat man in großen Städten viele Uhren? Doch offenbar nur, um die Zeit zu sehen. Gehen diese Uhren aber verschieden, so ist ihr Zweck sicherlich verfehlt. Es läßt sich nicht erwarten, daß die Uhrmacherei im Stande sein werde, Uhren anzufertigen, welche auf längere Zeit hin genau gehen. Im Grunde käme es nur darauf an, die Zeitangabe Einer Uhr beliebig zu vervielfältigen, gewissermaßen Spiegelbilder einer Uhr da anzubringen, wo man sie haben will: und es ist dies durch die Elektricität möglich. Bei der unglaublichen Schnelligkeit, mit welcher der elektrische Strom den Gedanken fast augenblicklich auf die bedeutendsten Entfernungen überträgt, liegt es nahe, durch ähnlich construirte Apparate auch die Zeit zu telegraphiren oder die von einer Normaluhr angegebene Zeit auf eine unbestimmte Anzahl in verschiedener Entfernung hin aufgestellter Apparate zu übertragen.

Die Construction der elektrischen Uhren durch Stöhrer, Steinheil, Wheatstone, Locke u. s. w. ist eine sehr verschiedene. Nach der von Heßler beschriebenen Einrichtung von Wheatstone werden von einer einzigen Uhr (die Normal- oder Hauptuhr) mit Hülfe von Elektromagnetismus andere, an beliebigen Orten und in beliebigen Entfernungen von der Hauptuhr angebrachte, uhrähnliche Apparate so in Bewegung gesetzt und erhalten, daß sie stets genau die nämliche Zeit zeigen wie die Normaluhr. Eine solche elektrische Uhr hat kein Gangwerk, d. h. es fehlen ihr alle jene Theile einer mechanischen Uhr, welche die bewegende Kraft liefern und ihre Wirkung reguliren; sie besteht nur aus einem Zifferblatt mit Zeigern und einer kleinen Anzahl von Rädern von ähnlicher Beschaffenheit wie das Zeigerwerk (Seite 595) einer gewöhnlichen Uhr. Ein kleiner Elektromagnet wirkt auf ein Rad an der Axe des Sekundenzeigers, so daß, so oft der temporäre Magnetismus im Elektromagneten hervorgerufen und wieder vernich-

tet wird, das Rad und somit auch der Sekundenzeiger um den sechzigsten Theil seines Umlaufes weiter rückt. Wird demnach von Sekunde zu Sekunde ein elektrischer Strom hergestellt und wieder unterbrochen, so kann das an und für sich todte Zeigerwerk ganz und mit größter Genauigkeit die Funktionen einer gewöhnlichen Uhr verrichten. Die Normaluhr hat folgende Einrichtung: an ihrer Steigradwelle befindet sich ein kleines Rad aus Messing mit sechzig Zähnen, deren Zwischenräume mit Elfenbein so ausgefüllt sind, daß der Umfang des Rades ununterbrochen ist und sechzig messingene und eine gleiche Anzahl gleich große Bogenstücke enthält. Eine leichte isolirte Messingfeder drückt auf den Umfang des Rades; das befestigte Ende der Feder steht vermittelst einer Drahtleitung mit dem einen Ende der Drahtspirale des Elektromagneten an dem Zeigerwerke in Verbindung, während ein zweiter, am Uhrgestelle befestigter Draht zu dem zweiten Ende der Windungen des Elektromagneten geht. In die Kette ist eine galvanische Batterie eingeschaltet, so daß durch die Wirkung des Messingrades an der Steigradwelle der Normaluhr die Kette alle Sekunden geöffnet und wieder geschlossen wird, indem die erwähnte Messingfeder eine halbe Sekunde auf einem elfenbeinernen und die nächste Sekunde auf einem messingenen Bogenstücke ruht. Auf diese Weise erhält und verliert der an der elektrischen Uhr angebrachte Elektromagnet in der einen Hälfte jeder Sekunde seine Kraft, in der andern Hälfte aber gewinnt er sie und setzt dadurch das Zeigerwerk in Bewegung.

Die Brennmaterialien, die Heizung und Feuerung.

Einleitung.

§. 635.

Allgemeines über Brennmaterialien.

In technologischer Hinsicht versteht man unter Brennmaterialien (Brennstoffen) diejenigen brennbaren Körper, welche zu gewerblichen und ökonomischen Zwecken zur Hervorbringung von Wärme Anwendung finden. Es gehören zu den Brennstoffen Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle, Holzkohle, Torfkohle, verkohlte Braunkohle, Koks und brennbare Gase (Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoffe). Mit Ausnahme der als Brennmaterial Anwendung findenden Gase sind alle Brennstoffe, was ihren Ursprung betrifft, mit einander nahe verwandt, indem sie theils aus Cellulose oder Holzfaser bestehen, theils daraus entstanden sind. Wenn man von jenen, in neuerer Zeit angestellten Versuchen absieht, der Erde entströmende Kohlensäure durch Reduction in Kohlenoxyd, mithin in einen Brennstoff zu verwandeln, so läßt sich, da auch die brennbaren Gase durch trockne Destillation obengenannter Brennmaterialien erzeugt werden, die Behauptung aufstellen, daß es streng genommen nur die Cellulose ist, welche mehr oder minder verändert als Brennmaterial in der Technik und der Haushaltung Anwendung findet.

Die natürlichen, d. h. unverkohlten Brennstoffe (Holz, Torf, Braun- und Steinkohle) bestehen wesentlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, die Steinkohle auch noch aus geringen Mengen von Stickstoff und gewissen mineralischen Bestandtheilen (Schwefel, Phosphor, Kieselerde, Thonerde, Eisenoxyd, alkalischen Erden und Alkalien), welche mit Ausnahme des Schwefels und Phosphors beim Verbrennen der Brennstoffe als Asche zurückbleiben. Von allen den im Vorstehenden aufgeführten Körpern sind nur zwei, nämlich der Kohlenstoff und Wasserstoff brennbar; diese beiden Stoffe allein bedingen den Werth der Brennstoffe. Alle übrigen in den Brennmaterialien vorkommende Substanzen vermögen, als nicht brennbar,

den Werth der Brennstoffe nicht zu erhöhen, indem sie nützliche Bestandtheile verdrängen, verringern sie sogar den Werth derselben bedeutend; einige derselben, wie der Schwefel und Phosphor der Steinkohlen, können unter Umständen selbst einen nachtheiligen Einfluß ausüben. Bei vollständiger Verbrennung liefern alle Brennmaterialien nur Wasser und Kohlensäure, unter Hinterlassung der unorganischen Bestandtheile. In der Asche von vegetabilischen Brennstoffen herrscht im Allgemeinen der kohlensaure Kalk, in der von mineralischen der Thon vor.

§. 636.

Hinsichtlich der Wirkung, welche die Brennmaterialien während des Verbrennens äußern, ist nach Th. Scheerer zu unterscheiden

a) die Brennbarkeit,
b) die Flammbarkeit, und
c) der Wärmeeffect.

Unter Brennbarkeit der Brennmaterialien versteht man die größere oder geringere Leichtigkeit, mit der dieselben entzündet werden können und sodann zu verbrennen fortfahren. Sie ist abhängig von der Beschaffenheit und der Zusammensetzung des Brennstoffes. Ein poröses, weniger dichtes Brennmaterial ist leichter brennbar, als ein weniger poröses. Was den Zusammenhang der Brennbarkeit mit der Zusammensetzung betrifft, so hat sich herausgestellt, daß ein Brennstoff um so leichter brennbar ist, je mehr er Wasserstoff enthält.

Mit dem Namen Flammbarkeit bezeichnet man die Eigenschaft gewisser Brennstoffe, mit Flamme zu verbrennen. Da letztere nur durch brennende Gase gebildet wird, so ist es einleuchtend, daß die wasserstoffreichsten Brennstoffe auch die flammbarsten sein müssen. Brennmaterialien, welche wie die Holzkohlen und Koks durch Verkohlung entstanden sind, können daher keine andere Flamme beim Verbrennen bilden, als bei unvollständiger Verbrennung die Kohlenoxydflamme, welche hier nicht in Betracht kommt.

Es ist für den Technologen von Wichtigkeit, die Brennstoffe als nicht flammbare (Holzkohle, Torfkohle, verkohlte Braunkohle, Koks) und flammbare (Holz, Torf, Braun- und Steinkohle) und von letzteren wieder flammbare Brennstoffe mit langer Flamme (Holz, Torf, gewisse Sorten Braunkohle) und kleiner Flamme (Steinkohle und Braunkohle) zu unterscheiden. Bei den flammbaren Brennmaterialien ist die höchste Temperatur an der Spitze der Flamme, man verwendet sie deshalb in der Technik in solchen Oefen, in welchen der zu erhitzende Körper von dem Brennstoffe

getrennt ist (Flammenöfen, Seite 61). Bei den nicht flammbaren Brennstoffen ist dagegen die größte Hitze auf ihrer brennenden Oberfläche; man bedient sich deshalb dieser Brennmaterialien in den Schacht- und Herdöfen (Seite 50 und 118), in denen die zu erhitzende Substanz unmittelbar das Brennmaterial berührt.

§. 637.

Wärmeeffect.

Die bei vollständiger Verbrennung eines Brennstoffes entwickelte Wärme läßt sich in zweierlei Hinsicht messen:

1) auf die Quantität der Wärme,
2) auf den Temperaturgrad (Intensität der Wärme).

Mißt man die Wärme nur ihrer Quantität nach, so erhält man die Brennkraft (specifischer oder absoluter Wärmeeffect); bestimmt man den Grad der Wärme, so wird die Heizkraft (pyrometrischer Wärmeeffect) ermittelt. Brennkraft und Heizkraft zusammengenommen, geben den Brennwerth eines Brennmaterials. Wird die Brennkraft auf den Preis des Brennstoffs bezogen, so erhält man dessen Brennwerth, welcher selbstverständlich nur für den Consumtionsort maßgebend ist.

Ermittelung der Brennkraft oder der Wärmemenge eines Brennstoffes. Da für die Wärme kein bestimmtes Maß vorhanden ist, so muß man sich damit begnügen, die relativen Wärmemengen zu ermitteln, mit anderen Worten, anzugeben, um wieviel die aus einem Brennstoff entwickelte Wärmemenge die aus einem anderen übertrifft. Führt man die erzielten Resultate auf ein bestimmtes Volumen der Brennstoffe zurück, so findet man den specifischen Wärmeeffect, bezieht man sie dagegen auf ein bestimmtes Gewicht, den absoluten Wärmeeffect.

Man bestimmt den absoluten Wärmeeffect nach den Methoden von Rumford, Karmarsch, Berthier oder durch die Elementaranalyse.

Methode von Rumford. Man ermittelt diejenige Gewichtsmenge Wasser von 100°, die von einem Gewichtstheil der verschiedenen Brennstoffe bei der vollständigen Verbrennung derselben bis auf 100° erhitzt wird. Auf diese Weise findet man, daß

1	Gewichtstheil	Holzkohle	75	Th.	Wasser	von	0°	auf	100°	erwärmt.
1	„	Kohlenstoff	78,15	„	„	„	„	„	„	„
1	„	Wasserstoff	236,4	„	„	„	„	„	„	„
1	„	völlig trockenes Holz	43,14	„	„	„	„	„	„	„

Um zu ermitteln, welches Gewichtsquantum Wasser von einer bestimmten Gewichtsmenge eines Brennmaterials um 1° C. erwärmt wird, multi-

plicirt man die angeführten Verhältnißzahlen mit 100°, wodurch man erhält

1 Th.	Kohle	erwärmt	7500	Th. Wasser um 1° C.
1 „	Kohlenstoff	„	7815	„ „ „ „ „
1 „	Wasserstoff	„	23640	„ „ „ „ „
1 „	trockenes Holz	„	4314	„ „ „ „ „

Diese Verhältnißzahlen heißen Wärmeeinheiten; sie geben den absoluten Wärmeeffect des Brennmaterials an. Sie werden von verschiedenen Forschern sehr verschieden angegeben. So fand Grassi für den Kohlenstoff die Zahl 7714, Favre und Silbermann 8086. Th. Scheerer nimmt in runder Zahl 8000 an. Für den Wasserstoff, für welchen nach den Versuchen von Despretz die Zahl 23,640 angenommen worden war, fand Dulong 34,800, Grassi 34,666, Favre und Silbermann 34,188. Th. Scheerer adoptirt für den absoluten Wärmeeffect des Wasserstoffs die runde Zahl 36,000, welche gleich ist dem $4^1/_2$fachen des Kohlenstoffs. In Bezug auf den absoluten Wärmeeffect des Kohlenoxydes, des Grubengases und des Leuchtgases herrscht wenig Uebereinstimmung in den von den genannten Physikern erhaltenen Resultaten. Für das Kohlenoxyd bleibt es vorläufig unentschieden, ob die ihm zukommende Zahl zwischen 2403 und 2466 oder 1857 und 1876 liegt. Für das Grubengas (Methylwasserstoff C_2H_4) liegt die Zahl zwischen 13,158 und 13,223, für das ölbildende Gas (C_4H_4) zwischen 11,900 und 12,172.

§. 638.

Nach der Methode von Karmarsch wird diejenige Wassermenge ermittelt, welche von einem Pfunde verschiedener Brennstoffe in Dampf übergeführt wird. Nach diesem Verfahren ist auch von P. W. Brix[1]) in neuester Zeit eine Untersuchung der wichtigsten Brennstoffe des preußischen Staates auf ihre Heizkraft ausgeführt worden. Da es sich hierbei in der Regel um Ermittelung derjenigen Heizkraft handelt, welche die zu untersuchenden Brennmaterialien bei zweckmäßiger technischer Verwendung im Großen zu entwickeln vermögen, so ist es unerläßlich, die Versuche selbst nach großem Maßstabe auszuführen und so viel als möglich jeden Brennstoff unter den für ihn günstigsten Anwendungen der Feuerungsanlage zu verbrennen. Am vortheilhaftesten werden die Brennmaterialien im Allgemeinen in einer gut eingerichteten Kesselfeuerung verwendet.

[1]) P. W. Brix, Untersuchungen über die Heizkraft der wichtigsten Brennstoffe des preußischen Staates, Berlin 1853. Eine für die gesammte Technik höchst wichtige Arbeit, welcher, was die Großartigkeit des Unternehmens, die Sorgfalt der Ausführung anbetrifft, in Deutschland sehr wenige ähnliche zur Seite stehen möchten.

§. 639.

Methode von Berthier. Nach dem Welter'schen Gesetze (welches indessen nicht durch die Erfahrung bestätigt wird, da neuere Untersuchungen große Abweichungen von diesem Gesetze, namentlich in Bezug auf den Wasserstoff nachgewiesen haben) stehen die aus verschiedenen Brennmaterialien entwickelten Wärmemengen unter sich in demselben Verhältnisse, wie die Sauerstoffmengen. Die Richtigkeit dieses Gesetzes angenommen, ist es leicht, wenn die Zusammensetzung eines Brennmaterials bekannt ist, seinen absoluten Wärmeeffect zu berechnen. Man ermittelt nämlich, wie viel es Sauerstoff, mit Berücksichtigung seines eigenen Gehaltes davon, aufnehmen würde, um seinen Kohlenstoff völlig in Kohlensäure und seinen Wasserstoff in Wasser zu verwandeln. Hierauf vergleicht man diese Menge mit der, welche ein anderes Brennmaterial, dessen Heizkraft bekannt ist, z. B. Kohle, erfordert. Geht man von diesen Grundsätzen aus, so ist es klar, daß die Brennkraft eines Brennmaterials, ohne seine Zusammensetzung zu kennen, leicht zu erfahren ist, wenn man das Gewicht des bei dem Verbrennen absorbirten Sauerstoffs bestimmen kann. Dies kann nun auf eine einfache und schnelle Weise geschehen, welche zwar kein ganz genaues, aber doch technisch benutzbares Resultat liefert. Praktische Erfahrungen und Berechnungen haben gezeigt, daß das Berthier'sche Verfahren vermöge eines constanten Fehlers um etwa $^1/_9$ hinter der Wahrheit zurückbleibt.

Mehrere Metalloxyde werden mit solcher Leichtigkeit reducirt, daß, wenn sie mit einem brennbaren Körper erhitzt werden, dieser sogleich vollständig verbrennt. Ist die Zusammensetzung des Oxydes genau bekannt und wird davon die Menge des reducirten Metalles abgezogen, so erfährt man die Sauerstoffmenge, welche bei der Verbrennung absorbirt wurde. Um das Metall sammeln und von dem nicht reducirten Oxyd trennen zu können, muß es so wie das Oxyd schmelzbar sein. Das Bleioxyd oder die Bleiglätte erfüllt diese Bedingungen.

Die Ausführung der Methode ist folgende: Man verwandelt das Brennmaterial in das feinste Pulver und mengt 1 Gramm davon mit einer etwas größeren Menge reiner Bleiglätte, als es reduciren kann, also mit mindestens 20 und höchstens mit 40 Grammen derselben. Die Natur und äußere Beschaffenheit des Brennmaterials liefert hierzu schon Anhaltepunkte. Das Gemenge wird in einen irdenen Tiegel (am besten Charmottetiegel) gebracht und mit 20 bis 40 Grammen Bleiglätte bedeckt. Der Tiegel darf höchstens zur Hälfte gefüllt sein. Der Tiegel wird mit einem Deckel bedeckt und durch Kohlenfeuer allmälig erhitzt. Die Masse wird weich, kocht und

bläht sich zuweilen auf. Ist sie völlig geschmolzen, so giebt man etwa zehn Minuten ein kräftiges Feuer, damit sich das Blei zu einer Masse vereinige. Hierauf wird der Tiegel aus dem Feuer genommen, nach dem Erkalten zerbrochen und der Bleiregulus gewogen. Er hängt gewöhnlich weder an dem Tiegel, noch an der Schlacke an und löst sich mit einem Hammerschlage leicht ab. Die Versuche müssen 2 — 3 Mal wiederholt werden und die Resultate dürfen nicht über 0,1 bis 0,2 Gramm von einander abweichen.

Da die käufliche Bleiglätte gewöhnlich durch einen geringen Gehalt an Mennige röthlich gefärbt ist, so empfiehlt Berthier, sie schnell entweder für sich oder mit 1 bis 2 pro Mille Kohlenpulver in einem Tiegel einzuschmelzen, bedeckt erkalten zu lassen, auszugießen, hierauf zu stoßen und zu sieben. Bei Anwendung von gelber Glätte ist dies nicht nöthig. G. Forchhammer wendet anstatt des reinen Bleioxydes eine Mischung von 3 Th. Bleiglätte und 1 Th. Chlorblei (mithin ein Bleioxychlorid) an, welche man vorher in einem irdenen Tiegel schmilzt und nach dem Erkalten pulvert.

Reine Holzkohle giebt mit Bleiglätte oder Bleioxychlorid erhitzt das 34fache ihres Gewichtes und Wasserstoff das 103,7fache seines Gewichtes an metallischem Blei, also etwas mehr als das 3fache der Kohle. Mittelst dieser gegebenen Werthe kann man den absoluten Wärmeeffect für ein Brennmaterial finden. Da man gegenwärtig annimmt, daß ein Theil Kohle die Temperatur von 8000 Th. Wasser (früher nahm man 7815 Th. an) um 1° C. zu erhöhen vermag, da ferner reine Kohle nach dem Verfahren von Berthier 34 Th. Blei giebt, so entspricht jeder durch ein Brennmaterial reducirte Gewichtstheil Blei 235,2 Wärmeeinheiten.

Das Verfahren von Berthier eignet sich in Folge der nachgewiesenen Unhaltbarkeit des Welter'schen Gesetzes nur für Brennstoffe, welche nur eine sehr geringe Menge Wasserstoff enthalten. Für solche wasserstoffhaltige Brennmaterialien, welche sich schon bei einer unter der Rothglühhitze liegenden Temperatur zu zersetzen beginnen, ist es durchaus nicht anwendbar, da ein Theil der reducirten Gase entweichen kann, ohne die entsprechende Menge von Blei abgeschieden zu haben [1]).

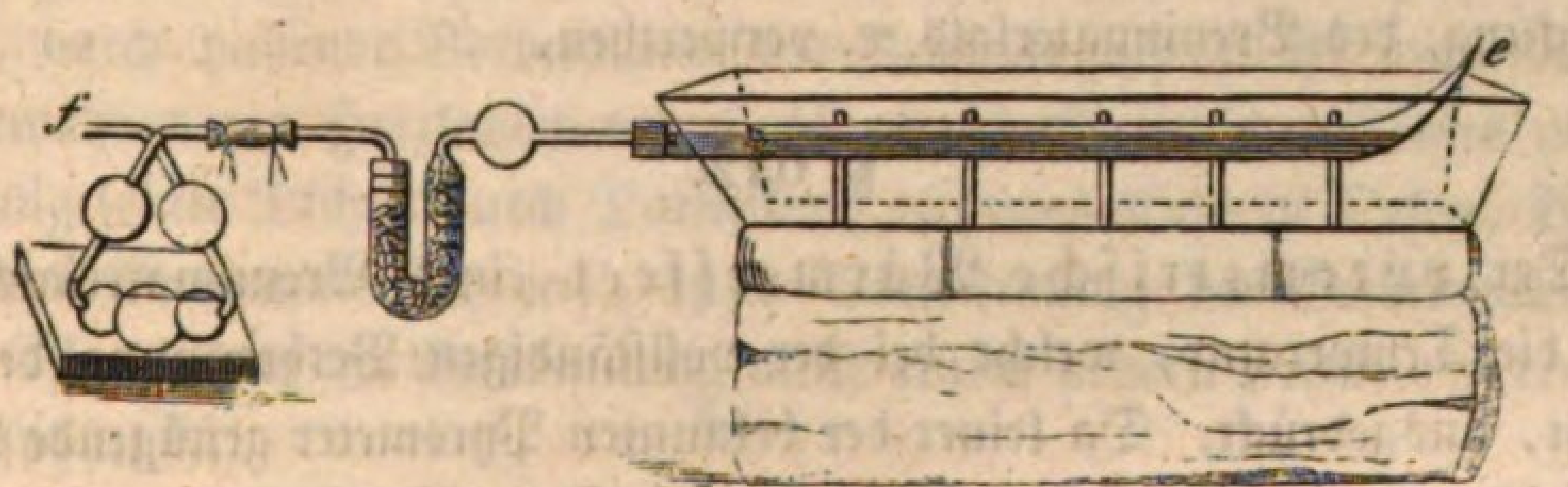
---

[1]) Es kommt zuweilen vor, daß die Ausbeute an regulinischem Blei zu hoch ausfällt, wenn das Brennmaterial, wie die Steinkohle, große Mengen von Schwefelkies enthält. Der Schwefelkies (FeS_2) reducirt nämlich die Bleiglätte ebenfalls ($FeS_2 + 5\,PbO = 5\,Pb + 2\,SO_2 + FeO$). Von dem Gewicht des Bleies muß demnach die Quantität Blei, welche durch den Schwefelkies reducirt wurde, abgezogen werden, wobei man von der Annahme ausgeht, daß aller Schwefel in der Steinkohle als Schwefelkies vorhanden war.

§. 640.

Die Elementaranalyse. Wenngleich durch neuere genaue Untersuchungen nachgewiesen worden ist, daß die beim Verbrennen der Brennstoffe entwickelte Wärme sich nicht genau verhalte wie die zum Verbrennen nöthige Sauerstoffmenge, daß die gleiche Quantität Sauerstoff unter verschiedenen Umständen verschiedene Wärmemengen erzeugen kann, so darf doch dreist angenommen werden, daß bei ähnlichen Brennstoffen aus der Zusammensetzung ein Resultat sich ziehen lassen wird, welches, wenn auch nicht absolut genau, doch für die Praxis hinreichende Anhaltepunkte giebt. Wenn es sich daher um Prüfung des relativen Werthes von gleichnamigen Brennmaterialien handelt, wendet man zweckmäßig die Elementaranalyse an, nachdem zuvor durch einen besonderen Versuch die Aschenquantität der Brennstoffe ermittelt wurde. In dem Rohr (Fig. 148) befindet sich die mit Kupferoxyd (Cu O)

Fig. 148.



gemengte, feingepulverte und bei 100° getrocknete, zu untersuchende Substanz; wird das Rohr erhitzt, so verbrennt ihr Kohlenstoff auf Kosten des Sauerstoffes des Kupferoxydes zu Kohlensäure und ihr Wasserstoff zu Wasser:

Kohlenstoff C		Kohlensäure CO^2
Wasserstoff H	geben	Wasser H O
Kupferoxyd 3 Cu O		Kupfer 3 Cu.

Kohlensäure und Wasser entweichen gasförmig; das Wasser wird in dem mit geschmolzenen Chlorcalciumstückchen angefüllten Rohre, die Kohlensäure in dem v. Liebig'schen Kugelapparate, in welchem sich Aetzkalilösung befindet, aufgefangen. Da beide Apparate vor dem Versuche genau gewogen wurden, so erfährt man nach beendigtem Versuche durch die Gewichtszunahme derselben die Menge der erzeugten Kohlensäure und des Wassers, aus welcher die Quantität des in dem Brennstoff enthaltenen Kohlenstoffs und Wasserstoffs und sodann die Sauerstoffmenge berechnet wird, welche zur vollständigen Verbrennung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs nothwendig war.

§. 641.

Unter dem specifischen Wärmeeffect versteht man diejenigen relativen Wärmemengen, welche gleich große Volumen der verschiedenen Brennmaterialien liefern. Man findet ihn aus dem absoluten Wärmeeffect, indem man denselben mit dem specifischen Gewichte des betreffenden Brennmaterials multiplicirt.

Der theoretisch absolute und specifische Wärmeeffect wird in der Praxis niemals erreicht; man muß demnach damit sich begnügen, denselben möglichst zu erreichen und zu dem Ende eine möglichst vollständige Verbrennung des Brennstoffes zu erzielen suchen und Vorkehrungen treffen, daß die Hitze an den zu erhitzenden Körper, nicht zum Theil an andere, abgegeben werde. Letzteres ist allerdings unausführbar, da immer ein sehr großer Theil der Wärme aus den Feuerungsanlagen entweicht. Es läßt sich jedoch diese Wärme zweckmäßig durch Benutzung der Gichtflamme und Gichtgase (Seite 51 und 62), der abgeleiteten und ausgestrahlten Wärme zum Trocknen der Beschickung, des Brennmaterials ꝛc. verwerthen.

§. 642.

Der pyrometrische Wärmeeffect eines Brennmaterials wird durch die Temperatur, welche bei der vollständigen Verbrennung desselben herrscht, ausgedrückt. Da keiner der bekannten Pyrometer genügende Resultate giebt, um die Intensität der Wärme behufs der Ermittelung der Heizkraft in Thermometergraden wiedergeben zu können, so muß man sich vorläufig mit der annähernden Ermittelung des pyrometrischen Wärmeeffects durch Rechnung begnügen.

Das Product der Verbrennung nimmt alle beim Verbrennungsprocesse entwickelte Wärme in sich auf und ist demnach der Träger derselben. Da man bei der Angabe des absoluten Wärmeeffects stets das Wasser als Träger dieser Wärmemenge sich vorstellt, so ist bei der Ermittelung des pyrometrischen Wärmeeffects nur nöthig, diese Wärmemenge unter Berücksichtigung der specifischen Wärme des Wassers und des Verbrennungsproductes auf letzteres zu übertragen.

Nach Th. Scheerer ist der pyrometrische Wärmeeffect eines Brennmaterials gleich dem in Wärmeeinheiten angegebenen absoluten Wärmeeffecte desselben, dividirt durch die Summe der relativen Gewichtsmengen aller Verbrennungsproducte seiner Bestandtheile, jede dieser Gewichtsmengen multiplicirt mit der entsprechenden specifischen Wärme. Der pyrometrische Wärmeeffect des Kohlenstoffs ist größer, der des Wasserstoffs kleiner als der jedes

anderen brennbaren Körpers. Die flammbaren Brennstoffe im Holz und in den Steinkohlen müssen mithin einen niedrigeren pyrometrischen Wärmeeffect besitzen, als die nicht flammbaren, verkohlten, und zwar einen um so niedrigeren, je mehr sie sich in ihrer Zusammensetzung der reinen Kohle nähern, während bezüglich des absoluten Wärmeeffectes das Gegentheil stattfindet. Der Grund davon liegt darin, daß der beim Verbrennen von Wasserstoff sich bildende Wasserdampf fast viermal so viel Wärme aufnimmt, um bei einer gewissen Temperatur erhitzt zu werden, als Kohlensäure. Der Unterschied zwischen den pyrometrischen Effecten der Brennmaterialien ist bei der Verbrennung in Sauerstoff weit bedeutender als in der Luft.

Um dem theoretisch gefundenen pyrometrischen Wärmeeffect in der Praxis möglichst nahe zu kommen, hat man besonders darauf Bedacht zu nehmen, allen Kohlenstoff zu Kohlensäure zu verbrennen, da bei der Verbrennung von Kohlenstoff zu Kohlenoxyd in der atmosphärischen Luft nur eine Temperatur von 1427° (bei 2480 Wärmeeinheiten), bei dessen Verbrennung zu Kohlensäure aber eine Temperatur von 2458° (bei 8000 Wärmeeinheiten) erzeugt wird, durch passende Vorbereitung des Brennstoffes (z. B. durch längeres Aufbewahren von Holzkohlen und Koks, durch Pressen des Torfes zur Vermehrung seiner Dichte, durch Darstellung dichteren Koks in Oefen, Vorwärmen des Brennmaterials ꝛc.), durch Vorwärmung der Verbrennungsluft, durch Effectuirung der Verbrennung unter einem höhern Drucke als dem einer Atmosphäre [1]).

[1]) Heintz, Steinheil und Erter, Neues Verfahren zur Steigerung des pyrometrischen Wärmeeffectes, Wagner's Jahresbericht der Technologie für 1855, p. 473.

Erster Abschnitt.

Die Brennmaterialien im Besonderen.

Das Holz.

§. 643.

Das Holz (bois, *wood*) besteht aus mehreren in ihrer Structur von einander unterscheidbaren Theilen, welche auf dem Querschnitt sich in folgender Weise darstellen: Die Axe (das Mark) besteht aus einem lockeren, ziemlich regelmäßig gestalteten Gewebe von Parenchymzellen, welche an vielen Stellen als Markstrahlen sich strahlenförmig bis zur Rinde erstrecken. Rings um das Mark liegt das Holz, ein Aggregat seitlich verwachsener Gefäßbündel, welche aus den Holz- und den Gefäßzellen bestehen. Um das Holz findet sich der Bast gelagert, zwischen Holz und Bast eine Lage äußerst dünnwandiger, mit einer trüben Flüssigkeit erfüllter Zellen (*Cambium*), von welcher die weitere Entwickelung des Stammes ausgeht, indem die neu gebildeten Zellen theils nach Innen an die alten Holzzellen, theils nach Außen an Bast und Rinde sich ablagern. Ueber dem Baste liegt nach Außen eine Schicht Zellgewebe von eigenthümlicher Structur der Zellen, welche mit dem Bast vereinigt die Rinde (écorce, *bark*) ausmacht, welche im jungen Zustande noch mit der Oberhaut bedeckt ist. Die Markzellen zerreißen in der Regel beim späteren Wachsen der Pflanze, sterben ab und hinterlassen eine hohle Röhre. Die Holzzellen verdicken sich durch abgelagerte Cellulose; da dieses Wachsthum in die Dicke im Frühling sehr rasch beginnt, im Sommer und Herbst aber sich verlangsamt und zuletzt ganz erstirbt, so ist die Bildung von deutlich erkennbaren Jahresringen (couches, *annual rings*), die sich durch ihre härtere, dichtere, im Herbste abgelagerte Schicht scharf vom folgenden Jahrgange unterscheiden, leicht zu erklären [1]). Die Holzzellen sind nie auf den Wänden so verdickt, daß sich

[1]) Zuweilen bilden sich auch sogenannte falsche Jahresringe, die sich in dem Falle bilden, wenn die Vegetation des Baumes, im Sommer durch zu starke Hitze oder durch

nicht im Innern wenigstens eine Höhlung wahrnehmen ließe, und ihre Berührung unter einander nie so vollständig, daß man nicht zwischen ihnen die sogenannten Intercellulargänge wahrnehmen könnte, welche in der Regel nur mit Luft gefüllt sind, bisweilen sind sie auch die Behälter eigenthümlicher Säfte, z. B. von Harz, Gummi u. a.

In den Holz- und Gefäßzellen hat sich während des Lebens der Pflanze die meiste Cellulose abgeschieden; sie erscheinen daher mit den dicksten Wänden und bilden das eigentliche Holz. Je dicker die Wände der Holzzellen einer Holzart sind und je mehr Zellen in einem bestimmten Raume sich angehäuft haben, desto dichter und schwerer ist ein solches Holz; man nennt es hartes im Gegensatze zu solchem Holz, welches dünnwandigere Holzzellen in geringerer Anzahl in einem gleich großen Raume enthält; letzteres heißt ein weiches Holz.

§. 644.

Die verschiedenen Baumarten, deren Holz in Mitteleuropa als Brennmaterial benutzt wird, sind:

Laubhölzer: Eiche (*Quercus pedunculata* und *robur*, chêne, *oak*),
Rothbuche (*Fagus sylvatica*, hêtre, *beech*),
Hain- oder Weißbuche (*Carpinus betulus*, charme, *horn-heam*),
Ulme oder Rüster (*Ulmus campestris* und *effusa*, orme, *elm*),
Esche (*Fraxinus excelsior*, frêne, *ash*),
Ahorn (*Acer platanoïdes* und *pseudoplatanus*, érable, *maple*),
Erle (*Alnus glutinosa* und *incana*, aune, *alder*),
Birke (*Betula alba* und *pubescens*, bouleau, *birch*),
Linde (*Tilia parvi- et grandifolia*, tilleul, *linden*),
Aspe oder Espe (*Populus tremula*, tremble, *asp*),
Weide (*Salix*, saule, *willow*).

Nadelhölzer: Weiß- oder Edeltanne (*Pinus abies*, sapin, *deal*),
Fichte oder Rothtanne (*Pinus picea*, sapin rouge, *red deal*, *pine*),
Föhre oder Kiefer (*Pinus sylvestris*, pin, *fir*),
Lärche (*Pinus larix*, mélèze, *larch*),
Taxus oder Eibe (*Taxus baccata*, if, *yew*),
Arve (*Pinus cembra*).

Entlaubung in Folge von Hagelschlag oder Raupenfraß unterbrochen, in dem nämlichen Sommer nochmals beginnt.

Zu den harten Hölzern rechnet man: Eiche, Weiß- und Rothbuche, Ulme, Birke, Esche; zu den halbharten: Ahorn, Erle, Lärche, Föhre; zu den weichen: Fichte, Weißtanne, Linde, Aspe, Pappel, Weide.

§. 645.

Das Holz besteht aus Holzfaser oder Cellulose, Pflanzensaft, mineralischen Bestandtheilen (Asche) und hygroskopischem Wasser.

Holzfaser oder Cellulose. Die reine Holzfaser ist nach der Formel $C_{12}H_{10}O_{10}$ zusammengesetzt und besteht in 100 Theilen aus

Kohlenstoff	44,45
Wasserstoff	6,17
Sauerstoff	49,38.

Vergleicht man mit diesen Zahlen die Zusammensetzung verschiedener, bei 100° getrockneter Hölzer, so zeigt sich keine große Abweichung, woraus hervorgeht, daß die in dem Saft gelösten organischen Substanzen, deren Zusammensetzung je nach den verschiedenen Pflanzensäften doch nie von der der Cellulose sehr verschieden ist, nur einen sehr kleinen Bruchtheil von dem Zellgewebe des Holzes ausmachen. So enthielten z. B. die Hölzer von

	Eiche	Weißbuche	Fichte	Esche	Erle
Kohlenstoff	49,43	48,53	49,59	49,36	49,19
Wasserstoff	6,06	6,30	6,38	6,07	6,21
Sauerstoff	44,49	45,16	44,02	44,56	44,58.

Man kann, wie aus vorstehenden Zahlen hervorgeht, also annehmen, daß die Holzfaser eine Verbindung von Kohlenstoff mit Wasser, ein Kohlenhydrat sei und in 100 Theilen annähernd aus 50 Th. Kohle und 50 Th. Wasser bestehe.

Das specifische Gewicht der Cellulose aus den verschiedenen, als Brennmaterial angewendeten Hölzern beträgt nach Rumford im Durchschnitt 1,5.

§. 646.

Der Pflanzensaft besteht zum größten Theile aus Wasser und enthält organische und unorganische Substanzen theils aufgelöst, theils suspendirt. Die ersteren (Harz, ätherische Oele, Gerbsäure und andere organische Säuren, Eiweißstoffe) sind nie in solcher Menge vorhanden, daß sie auf den Brenneffect des Holzes irgend einen Einfluß auszuüben im Stande wären. Die unorganischen Saftbestandtheile, welche nach dem

Verbrennen des Holzes als Asche zurückbleiben, sind ihrer Qualität nach bei allen Holzarten gleich[1]); sie sind:

Kali,	Manganoxydul,
Natron,	Phosphorsäure,
Kalk,	Schwefelsäure,
Magnesia,	Kieselsäure,
Eisenoxydul,	Chlor.

Die in jeder Asche vorkommende Kohlensäure ist nicht im Pflanzensafte enthalten, sondern erst während der Verbrennung durch die Zerstörung pflanzensaurer Alkalien (z. B. oxalsauren Kalis) gebildet worden. Die Thonerde, welche früher als ein fortwährender Bestandtheil der Holzasche angenommen wurde, kommt genauen Untersuchungen zufolge darin nicht vor.

Die Menge der Asche richtet sich nach der Art des Holzes und des Baumstückes (Stamm, Rinde, Aeste, Wurzel) und nach der Beschaffenheit des Erdbodens, auf welchem die Bäume gewachsen waren. Chevandier hat (1848) über den mittleren Gehalt verschiedener bei 140° getrockneter Holzarten Folgendes mitgetheilt:

100 Th. Holz geben an Asche:

Weide	2,00
Espe	1,73
Eiche	1,65
Hainbuche	1,62
Erle	1,38
Rothbuche	1,06
Fichte	1,04
Tanne	1,02
Birke	0,85.

Im Durchschnitt aus allen Holzarten geben an Asche

100 Th. Holz von jungen Stämmen	1,23
„ „ Klafterholz	1,34
„ „ Aeste	1,54
„ „ Reiser	2,27.

Wittstein[2]) fand in 100 Th. bei 100° getrockneten Holzes:

Birke von gutem Boden	0,293
Birke von herabgekommenem Boden	0,315
Fichte	0,246
Weißtanne	0,277.

Weit größere Aschenmengen wurden von Brix (§. 652) gefunden.

In der Praxis nimmt man mit Recht an, daß der Aschengehalt der Brennhölzer durchschnittlich 1 pCt. betrage[3]).

[1]) Neuerdings haben C. Boedeker und Eckard (Annalen der Chemie und Pharmacie C. p. 294) in der Asche von Buchenholz aus der Nähe von Göttingen Baryt gefunden.

[2]) Bayer. Kunst- und Gewerbeblatt, 1857 p. 14.

[3]) Ueber die Asche von Waldbäumen vgl. die werthvolle Abhandlung von G. Heyer, Ann. der Chemie und Pharm. LXXXII. p. 180.

§. 647.

Der Wassergehalt ist im Allgemeinen bei den weichen Hölzern größer als bei den harten. G. Schübler und W. Neuffer[1]) fanden in 100 Gewichtstheilen des frisch gefällten Holzes:

Hainbuche	18,6	Erle	41,6
Ahorn	27,0	Espe	43,7
Esche	28,7	Ulme	44,5
Birke	30,8	Fichte	45,2
Traubeneiche	34,7	Linde	47,1
Stieleiche	35,4	Italien. Pappel	48,2
Weißtanne	37,1	Lärche	48,6
Föhre	39,7	Baumweide	50,6
Rothbuche	39,7	Schwarzpappel	51,8.

Der Wassergehalt der Holzarten in verschiedenen Jahreszeiten ist nicht constant. G. Schübler und W. Neuffer bestimmten die Gewichtszunahme des Wassers bis zum Frühjahr und erhielten folgende Resultate:

Holzarten.	Wassergehalt in Procenten den 27. Januar	den 2. April	Zunahme des Wassergehaltes.
Weißtanne	52,7	61,0	8,3
Hasel	40,9	49,2	8,3
Roßkastanie	40,2	47,1	6,9
Ahorn	33,6	40,3	6,7
Esche	28,8	38,6	9,8
Im Mittel	39,2	47,2	8,0.

Es ergiebt sich hieraus, daß die Zunahme des Wassergehaltes in den Frühlingsmonaten, zur Zeit, wo die Bäume in Saft treten, auch bei dichten Holzarten sehr bedeutend ist; sie betrug nach dem Mittel der vorstehenden fünf Beobachtungen 8 pCt., also nahehin $^1/_4$ ihres ganzen Wassergehaltes.

Durch längeres Liegen des frisch gefällten Holzes an einem luftigen und trocknen Orte bei gewöhnlicher Temperatur nimmt der Wassergehalt bis zu einer gewissen Gränze ab. Man nennt solches Holz lufttrocknes Holz. Rumford fand in demselben noch 16,64 bis 19,55 pCt. Wasser, das jedoch erst bei 120° C. vollständig ausgetrieben werden konnte.

---

[1]) Im Auszuge im Journal für technische und ökonomische Chemie 1830, Bd. VII. p. 35.

Gewöhnliches lufttrocknes Holz läßt sich demnach betrachten als bestehend aus

40 Th. Kohle (incl. 1 Th. Asche),
20 „ chemisch gebundenem Wasser,
40 „ hygroskopischem Wasser.

Nachdem durch starkes Erhitzen bis auf 130° alles hygroskopische Wasser ausgetrieben worden ist, bleibt gedarrtes Holz zurück von der Zusammensetzung:

50 Th. Kohle (incl. 1 Th. Asche),
50 „ chemisch gebundenes Wasser.

§. 648.

Das specifische Gewicht der als Brennstoffe angewendeten Holzarten variirt je nach dem Alter des Holzes, der Natur des Bodens, auf dem das Holz gewachsen war, dem Klima 2c., ferner nach den einzelnen Theilen; so hat z. B. junges Holz ein größeres specifisches Gewicht als altes. Nach den Versuchen von Marcus Bull beträgt das Gewicht eines Kubikmeters (= 40,22 bayer. Kubikfuß) lufttrocknen Holzes von

Nußbaum	558 Kilogr.	Ulme	320 Kilogr.
Eiche	489 „	Fichte	304 „
Esche	427 „	Birke	293 „
Rothbuche	400 „	Kastanie	288 „
Weißbuche	398 „	Weide	219 „

G. Schübler und W. Neuffer ermittelten das specifische Gewicht der Holzarten frisch gefällt und ausgetrocknet:

Holzarten	Specifisches Gewicht. frisch gefällt.	lufttrocken.
Traubeneiche	1,075	0,707
Stieleiche	1,049	0,677
Weide	0,985	0,487
Buche	0,982	0,590
Ulme	0,947	0,547
Hainbuche	0,945	0,769
Lärche	0,920	0,473
Föhre	0,912	0,550
Ahorn	0,903	0,659
Esche	0,903	0,644
Birke	0,901	0,627
Weißtanne	0,894	0,555

Holzarten	Specifisches Gewicht. frisch gefällt.	lufttrocken.
Fichte	0,869	0,471
Roßkastanie	0,861	0,574
Erle	0,857	0,500
Linde	0,817	0,439
Schwarzpappel	0,779	0,365
Espe	0,765	0,430
Italienische Pappel	0,763	0,393

Bestimmungen und Berechnungen der spec. Gewichte der Holzarten sind ferner von Wernek [1]), Karmarsch [2]) u. A. ausgeführt worden.

Das Gewicht eines bayerischen Kubikfußes [3]) lufttrocknen Holzes ist in Zollpfunden (à 500 Grammen) ausgedrückt:

Ahorn	35,5	Föhre	31
Birke	34	Lärche	26,5
Rothbuche	36,5	Linde	26,5
Eiche	40	Pappel	23,5
Erle	27,5	Ulme	31
Esche	35	Weide	23,5
Fichte	22	Weißbuche	38

Nach vorstehenden Angaben und nachstehender Tabelle läßt sich leicht das Gewicht einer Holzklafter berechnen.

Staaten.	Benennung der Holzklafter.	Landeskubikfuße.	Stèren.
Baden	Klafter	144	3,8
Bayern	Klafter oder Mäß	126	3,13
Hannover	Klafter	144	3,58
Oesterreich	Klafter	108	3,41
Preußen	Klafter	108	3,33
Rußland	Cb. Cafhen	343	9,71
Sachsen	Schragen	108	2,45
Schweden	Stafrum	270	7,06
Württemberg	Klafter	144	3,38

1) Wernek, Hermbstädt's Archiv IV. p. 79.

2) Karmarsch, Prechtl's Jahrbuch XVIII. p. 120.

3) Das französische Holzmaß Stère = 1 Kubikmeter und entspricht
40,22 bayerischen Kubikfußen
44,03 sächsischen "
32,34 preußischen "
40,12 hannoverschen "
31,65 Wiener "
42,52 württemberg. "

Hierbei ist dem Umstande Rechnung zu tragen, daß zwischen den Holzscheiten sich leere Räume befinden, deren Größe je nach der Art des Brennholzes variirt. Vom Inhalt einer Klafter kann man $^2/_5$ auf die leeren Räume rechnen. Stockholz läßt das Doppelte der Zwischenräume, so daß

2 Klafter Stockholz = 1 Klafter Scheitholz,
4 „ Knüppelholz = 3 „ Scheitholz.

100 Kubikfuß Holz enthalten

70 Kubikfuß Scheitholz,
60 „ Knüppel- oder Prügelholz,
50 „ Stockholz,
25 „ Reißig.

Karmarsch nimmt an, daß vom eingeschlagenen Holze nur 66 pCt. wirkliche Holzmasse seien; Marcus Bull fand durch eine große Menge von Versuchen, daß die Holzmasse 56 pCt., die Zwischenräume 44 pCt. betragen.

Im Verkehr kann man durchschnittlich eine bayerische Klafter Nadelholz (Scheitholz) zu 22, Buchenholz (Scheitholz) zu 28 Zollcentnern (à 50 Kilogramm) annehmen.

§. 649.

Die Brennbarkeit der weichen Hölzer ist größer als die der harten; unter den weichen lassen sich die Nadelhölzer am leichtesten entzünden und brennen am besten fort. Den Nadelhölzern steht das Birkenholz sehr nahe. Was die Flammbarkeit betrifft, so geben die harzreichen Nadelhölzer die längste Flamme.

Der absolute Wärmeeffect von 12 getrockneten Holzarten wurde von Winkler [1]) nach der Methode von Berthier bestimmt; derselbe fand, daß

1 Th. (Gewichtstheil)	Eiche	reducirt	14,05	Th. Blei
1 „	Esche	„	14,96	„ „
1 „	Ahorn	„	14,16	„ „
1 „	Buche	„	14,00	„ „
1 „	Birke	„	14,08	„ „
1 „	Ulme	„	14,50	„ „
1 „	Pappel	„	13,04	„ „
1 „	Linde	„	14,48	„ „
1 „	Weide	„	13,10	„ „
1 „	Tanne	„	13,86	„ „
1 „	Fichte	„	13,88	„ „
1 „	Föhre	„	13,27	„ „

[1]) Winkler, Journal für praktische Chemie XVII. p. 65.

Aus seinen Versuchen folgert Winkler hinsichtlich des Verhältnisses der Heizkraft der Holzarten, daß 1 Klafter Fichtenholz ersetzt werde durch

1,07	Klafter	Linde,	0,70	Klafter	Buche,
0,94	„	Föhre,	0,665	„	Birke,
0,92	„	Pappel,	0,65	„	Ahorn,
0,91	„	Weide,	0,635	„	Ulme,
0,89	„	Tanne,	0,59	„	Eiche.

Th. Scheerer nimmt den absoluten Wärmeeffect der verschiedenen, gleichförmig getrockneten Holzarten als gleich groß an, ferner, daß der specifische Wärmeeffect von Holzarten mit gleichem Wassergehalte sich wie das specifische Gewicht derselben verhält. Der pyrometrische Wärmeeffect des halbgedarrten Holzes (mit 10 Proc. Wassergehalt) kann nach Scheerer = 1850°, der des gedarrten = 1950° gesetzt werden. Nach Petot entwickelt sich eine Temperatur von 1683° C. beim Verbrennen von reinem und trocknem Holz unter der Voraussetzung, daß aller Sauerstoff der Verbrennungsluft absorbirt werde, dagegen nur eine Temperatur von 960°, wenn der Sauerstoff nur zur Hälfte consumirt wird, was gewöhnlich in großen Feuerräumen der Fall ist; durch die Verbrennung von Holz ein Jahr nach dem Schlagen und mit 20 Proc. Wassergehalt erzeugt sich eine Temperatur von 1534° und 909°, je nachdem der Sauerstoff der Feuerluft ganz oder zur Hälfte verbraucht wird; grünes, 40 Proc. Wasser enthaltendes Holz giebt unter gleichen Umständen 1337 und 821°.

§. 650.

Praktische Bemerkungen. Die vielfachen Versuche über die Brenn- und Heizkraft der Holzarten haben unter sich ziemlich abweichende Resultate geliefert, und viele derselben stehen mit den Beobachtungen und Erfahrungen des gemeinen Lebens nicht im Einklange; dies mag zum Theil darin seinen Grund haben, daß bei der theoretischen Ermittelung der Heizkraft die Bedingungen, unter denen man arbeitet, immer genau dieselben sind, man hat die gleiche Trockenheit der zu untersuchenden Holzarten, den gleichen Grad der Zerkleinerung, das gleiche Object der Erwärmung, die gleiche Construction des Feuerraumes u. s. w., man hat ferner eine vollständige Uebereinstimmung betreffs der Stammtheile, aus denen das Holz genommen, der Jahreszeit und des Alters, in welchem es gefällt, des Wachsthumsganges, des Standortes, auf welchem es gezogen wurde rc. [1])

---

[1]) Vergl. C. Fischbach, Lehrbuch der Forstwissenschaft, Stuttgart 1856 p. 203.

Nach den Ansichten der Forstmänner folgen sich die Hölzer nach ihrem Brennwerthe etwa in folgender Reihe:

Buche,	Fichte,
Hainbuche,	Tanne,
Föhrenholz (mit Harz),	Erle,
Birke,	Aspe,
Eiche,	junge Föhre,
älteres Föhrenholz (ohne Harz),	Weide.

Eben so wie bei dem Föhrenholz macht auch bei den übrigen Holzarten das Alter einen wesentlichen Unterschied aus. Die Laubhölzer nehmen bis in das mittlere Alter ihrer Haubarkeit an Brennkraft zu, später aber wieder ab; die Nadelhölzer nehmen mit dem Alter an Brennkraft zu, theils wegen des stärkeren Harzgehaltes, theils wegen der dichteren Lagen der Jahresringe.

§. 651.

Nach den Versuchen von Londet[1]) über den relativen Werth der Brennstoffe ergiebt sich der Werth der dem Volumen nach gekauften Brennmaterialien aus dem Producte ihres absoluten Wärmeeffectes (ihrer Erwärmungskraft) und des Gewichtes eines Kubikmeters in Kilogrammen ausgedrückt. Diese beiden Factoren haben für die verschiedenen Brennstoffe folgende Werthe:

	Erwärmungskraft.	Gewicht eines Kubikmeters in Kilogr.
Steineiche (Scheitholz)	10000	380
Rothbuche (Scheitholz)	9941	380
Eiche, beide Varietäten gemischt (Scheitholz)	9763	371
Weißbuche (Scheitholz)	9490	370
Stieleiche (Scheitholz)	9448	359
Birke (Scheitholz)	9392	338
Weißbuche (Scheite und Stöcke gemischt)	9260	381
Birke (Scheite und Stöcke gemischt)	9224	332
Birke (Stöcke)	8836	318
Tanne (Stöcke)	8587	312
Eiche, beide Varietäten gemischt (Stöcke)	8342	317
Rothbuche (Stöcke)	8214	314

---

[1]) Londet, Moniteur industriel, 1854 Nr. 1832; Polytechnisches Centralblatt 1854 p. 530.

	Erwärmungs-kraft.	Gewicht eines Kubikmeters in Kilogr.
Erle (Scheitholz)	8127	293
Erle (Scheite und Stöcke gemischt)	8070	291
Weißbuche (Stöcke)	8030	313
Rothbuche (Aeste)	7953	304
Tanne (Aeste)	7898	287
Erle (Stöcke)	7849	283
Fichte (Stöcke)	7808	283
Fichte (Aeste)	7752	281
Weißbuche (Aeste)	7644	298
Tanne (Scheitholz)	7624	377
Weide (Scheite und Stöcke gemischt)	7584	285
Birke (Aeste)	7473	269
Weide (Aeste)	7344	276
Espe (Scheite und Stöcke gemischt)	7290	273
Eiche, beide Varietäten gemischt (Aeste)	7288	277
Fichte (Scheitholz)	7064	256

In der Industrie ist die Nutzleistung der Hölzer nicht immer ihrer Erwärmungskraft proportional. So sind beim Erhitzen eines Kessels und Verdampfen des darin enthaltenen Wassers diejenigen die vortheilhaftesten, welche die meiste Flamme geben. In dieser Rücksicht stehen die Hölzer in folgender Ordnung:

Maulbeerbaum	100	Birke	68
Kiefer	89	Tanne	63
Rothbuche und Esche	87	Akazie	59
Weißbuche	85	Linde	55
Elsbeerbaum	82	Espe	51
Steineiche	75	Erle	46
Lärche und Ulme	72	Weide	40
Sommereiche	70	Italienische Pappel	39

Würden die Hölzer nach dem Gewichte und in vollkommen trocknem Zustande verkauft, so müßte ihr Verkaufspreis ihrer Erwärmungskraft proportional sein; gewöhnlich aber werden sie nach dem Maße verkauft und nur ausnahmsweise nach dem Gewichte. Beide Verkaufsarten haben gleich große Uebelstände; beide lassen leicht einen Betrug in der verkauften Quantität zu. Beim Messen nach Klaftern oder Kubikmetern kann der Betrug bekanntlich bedeutend sein, indem die Stücke so gelegt sind, daß sie den

möglichst größten Raum einnehmen. Beim Nachmessen findet sich stets ein Deficit, welches um so größer ist, je krummer das Holz war. Man hat dasselbe zu $^1/_8$, $^1/_6$, ja selbst $^1/_5$ der verkauften Menge gefunden. Beim Verkauf nach dem Gewichte aber kann der Holzhändler dadurch einen Betrug ausüben, daß er grünes Holz verkauft oder das trockne Holz anfeuchtet. Das Holz enthält verschiedene Mengen Wasser je nach der Zeit, seit welcher es gefällt ist. Das grüne Holz enthält 37—48 Proc. Wasser, 4—5 Monate nach dem Fällen 30—35 Proc.; das Brennholz 8—12 Monate nach dem Fällen 20—25 Proc. Der Wassergehalt eines Holzes verändert dessen Erwärmungskraft. Nach den Versuchen Rumford's und Anderer hatte Holz, welchem durch Trocknen bei 100° sein Wassergehalt entzogen worden war, eine Erwärmungskraft von 3600 Wärmeeinheiten, während das gewöhnliche Brennholz mit 20—25 Proc. Wassergehalt nur 2750 Wärmeeinheiten giebt.

Aus der Erwärmungskraft der Hölzer nun, sowie dem Gewichte einer Maßeinheit läßt sich der relative Werth dieser Einheit bestimmen. Will man z. B. den relativen Werth von 2 Kubikmetern Holz, Eiche und Weißbuche zu gleichen Theilen vermengt, wissen, so muß man die Verhältnißzahl der Erwärmungskraft dieser Hölzer mit dem Gewichte eines Kubikmeters multipliciren; die erhaltenen Producte geben das Verhältniß der relativen Werthe an.

§. 652.

Nach den bereits §. 638 angeführten Versuchen von P. W. Brix verdampfen die verschiedenen Holzsorten bei guten Feuerungsvorrichtungen die auf der folgenden Seite angegebenen Wassermengen:

Benennung des Brennmaterials.	Anzahl der Versuche.	Mittlerer Wassergehalt in Procenten.	Mittlerer Aschengehalt in Procenten.		Verkehrseinheit.		Gefundene nutzbare Heizkraft: Pfund Wasser von 0° in Dampf von 110—116° C. verwandelt				
			des ungetrockneten Materials.	des ganz trocknen Materials.	Benennung.	Gewicht in Pfunden.	durch 1 Pfund des ungetrockneten Materials. Kleinste.	Größte.	Durchschnitt.	durch 1 Pfund des trocknen Materials im Durchschnitt.	durch die Verkehrseinheit (1 Klafter oder Tonne) bei mittlerem Wassergehalte.
Kiefernholz, altes	3	16,1	1,92	2,29	preuß. Klafter zu 108 Kubikfuß	2650	4,06	4,21	4,13	5,11	10945
Kiefernholz, junges	4	19,3	1,73	2,15	"	2500	3,52	3,74	3,62	4,77	9050
Kiefernholz, junges, besser ausgetrocknet	3	15,6	0,46	0,55	"	2500	3,59	3,75	3,69	4,55	9225
Ellernholz	3	14,7	0,95	1,11	"	2335	3,81	3,87	3,84	4,67	8966
Birkenholz	3	12,3	1,00	1,14	"	2780	3,36	3,96	3,72	4,39	10342
Eichenholz	3	18,7	1,13	1,39	"	3125	3,43	3,63	3,54	4,60	11063
Rothbuchenholz, altes	2	22,2	1,43	1,84	"	3100	3,36	3,41	3,39	4,63	10509
Rothbuchenholz, jüngeres	3	14,3	1,39	1,62	"	3100	3,20	3,68	3,49	4,25	10819
Weißbuchenholz	3	12,5	2,17	2,48	"	3100	3,47	3,73	3,62	4,28	11222

Die Holzkohlen.

§. 653.

Es ist ein allgemeines Kennzeichen der organischen Verbindungen, daß dieselben unter dem Einfluß der Wärme sich zersetzen und dabei Kohlenstoff als Kohle ausscheiden. Geschieht die Zersetzung der organischen Substanz durch die Wärme unter gleichzeitiger Mitwirkung des Sauerstoffs der Atmosphäre, so findet Verbrennung statt und die auftretenden Producte der Verbrennung sind, wenn die Luft in hinreichender Menge vorhanden war, Kohlensäure und Wasser. Wird die Erhitzung der organischen Verbindung — des Holzes, mit Vernachlässigung der geringen Menge mineralischen Bestandes, aus Cellulose $C_{12} H_{10} O_{10}$ bestehend — in einem abgesperrten sauerstoffleeren Raum ausgeführt und ist zu gleicher Zeit die Vorkehrung getroffen, daß die gas- und dampfförmigen Producte entweichen können, wird überhaupt das Holz der trocknen Destillation unterworfen, so bleibt ein Theil des Kohlenstoffs als Holzkohle zurück. Werden die flüchtigen Producte aufgefangen und untersucht, so findet man gasförmige (nicht condensirbare), aus Kohlensäure, Kohlenoxyd und Grubengas bestehend, und condensirbare Körper, welche letztere nach der Verdichtung ein gelblich oder braun gefärbtes Oel bilden, unter welchem eine wässerige Flüssigkeit sich befindet. Die wässerige Flüssigkeit besteht aus unreiner Essigsäure (Holzessig) und einer alkoholischen Flüssigkeit, dem Holzgeiste, die ölige Flüssigkeit, der Holztheer, besteht aus einer Anzahl flüssiger und fester, zum Theil höchst interessanter Körper, unter denen Paraffin, Naphtalin, Kreosot, phenylige Säure (Carbolsäure) und mehrere flüssige Kohlenwasserstoffe wie Benzol, Toluol, Xylol 2c. hervorzuheben sind. Alle diese Stoffe sind brennbar.

§. 654.

Der gewöhnlichste Zweck der Verkohlung des Holzes besteht darin, die in demselben enthaltenen Brennstoffe zu concentriren, sie durch bedeutende Verminderung des Gewichts und des Volumens transportabler zu machen und dadurch ihren Markt zu erweitern, die Holzpreise zu steigern, einige für gewisse technische Anwendungen nachtheilige Eigenschaften des Holzes zu entfernen oder endlich auch Kohle zu anderer Benutzung als der gewöhnlichen zu erlangen, z. B. zur Pulverfabrikation. In allen diesen Fällen wird die Kohle als Hauptproduct der Verkohlung angesehen. Letzteres ist jedoch nicht immer und überall der Fall. Bei der Theerschwelerei ist es vorzüglich auf die Gewinnung von Theer abgesehen und die dabei sich ergebende

Kohle erscheint mehr nur als ein Nebenerzeugniß. Bei der Holzgas-fabrikation werden endlich durch die Verkohlung nicht blos Holz und Theer, sondern auch die dabei sich entwickelnden brennbaren und leuchtenden Gase gewonnen und in einer Weise zur Entwickelung von Licht und Wärme benutzt, daß jedenfalls jene nicht als Hauptsache erscheinen. Wenn wir von der Theerschwelerei und Holzgaserzeugung gegenwärtig absehen, so geschieht die Verkohlung des Holzes entweder

1) im freien Raume unter theilweisem Zutritt der atmosphärischen Luft (Waldköhlerei), oder
2) im verschlossenen Raume ohne Zutritt der atmosphärischen Luft (Ofenverkohlung, Ofenköhlerei).

In dem letztern Falle ist die Leitung des Holzverkohlungsprocesses von der Art, daß dabei gar nichts Nutzbares verloren geht; man sollte daher glauben, es könne die Ofenverkohlung deswegen überall doch mit Vortheil angewendet werden, wo überhaupt Holzkohle erzeugt wird, und zwar um so mehr, als die Ofenkohle, sobald man die nöthige Sorgfalt bei ihrer Gewinnung anwendet, in vielen Fällen besser ist, als die durch die Waldköhlerei gelieferte Kohle. Gleichwol hat die Waldköhlerei auch heute noch ihre große Berechtigung, namentlich weil sie nicht das große Kapital, das zur Anlage und Unterhaltung der Oefen nothwendig ist, erfordert und den Holzschlägen beliebig folgen kann, wodurch eben die Vortheile des leichteren Transports der Kohle gegenüber dem Holze aufs Höchste ausgebeutet werden können. Immerhin ist der bedeutende Verlust zu beklagen, welcher bei der Waldköhlerei bis jetzt nicht hat umgangen werden können und darin besteht, daß die werthvollen flüchtigen Producte in die Luft entweichen.

§. 655.
Waldköhlerei.

Die Verkohlung des Holzes im Walde kann entweder in regelmäßigen auf verschiedene Weise aufgebauten Haufen, den Meilern (meules, *heapes, piles*) und den Haufen, in beiden Fällen unter beweglicher Decke, oder unter unbeweglicher Decke in Gruben und Meileröfen vor sich gehen.

Meilerverkohlung.

Unter einem Meiler versteht man einen aus größeren Holzstücken zusammengeschichteten Haufen, welcher mit einer Decke von Erde oder Kohlenlösche (Kohlenstaub mit Erde gemengt) versehen ist. Die äußere Gestalt des Meilers nähert sich der Halbkugelform oder vielmehr der Form eines in eine halbkugelförmige Wölbung auslaufenden Conus. Die Holzscheite werden

entweder fast senkrecht gegen die Axe des Meilers geneigt, oder man legt sie horizontal, in radialer Richtung von der Axe auslaufend. Im ersten Falle heißt ein Meiler ein stehender, im andern Falle ein liegender Meiler. Die Axe des Meilers wird Quandel genannt.

Von den Holzarten wendet man zur Verkohlung an: von Laubhölzern: Buche, Eiche, Erle, Ulme, Esche und Birke, von Nadelhölzern: Tanne, Fichte, Föhre, Lärche. Trotz der fast gleichen chemischen Zusammensetzung der verschiedenen Holzarten hat sich herausgestellt, daß die daraus dargestellten Kohlen eben so sehr bezüglich ihrer Brenn- und Heizkraft sich unterscheiden, als das Holz, das zu ihrer Gewinnung diente. Die beste Kohle giebt Holz von Bäumen mittleren Alters. Die günstigste Jahreszeit für das Fällen des Holzes zu Zwecken der Verkohlung ist der Winter, weil zu dieser Zeit das Holz am wenigsten Saft enthält und nach dem Fällen am schnellsten trocknet. Anbrüchiges oder faules, so wie durch Flößen ausgelaugtes Holz liefert nur geringe oder gänzlich untaugliche Kohlen. Die zur Verkohlung bestimmten Scheite sind nicht über sechs und nicht unter drei Fuß lang; über sechs Zoll dickes Holz spaltet man noch einmal, weil sich sonst die Verkohlung nicht bis ins Innere erstrecken würde.

Der Ort, wo die Verkohlung ausgeführt werden soll, die Meilerstätte (plancher), muß so gelegen sein, daß man möglichst viel Holz an Einer Stelle verkohlen und das Holz bequem zubringen und die Kohle nach beendigtem Brennen ohne Schwierigkeiten fortschaffen kann. Der Platz selbst muß so eben als möglich und nicht sumpfig sein, damit er keine kostspielige Zurichtung erfordere. Am besten geht die Verkohlung auf einem Boden, welcher aus einem Gemenge von Lehm, Sand und Humuserde besteht; reiner Lehmboden hat zu wenig Zug (ist zu kalt), reiner Sandboden dagegen ist zu hitzig. Es ist klar, daß es besonders vortheilhaft ist, wenn man alte passende Kohlenstellen auffinden kann und also nicht nöthig hat, neue vorzurichten; man erspart dadurch nicht nur an Arbeit, sondern auch an Material, denn der Verlust der ersten Kohlung an einer neuen Stelle beträgt gewöhnlich 15—20 Proc.

Die Lage der Meilerstätte hinsichtlich des Consumtionsortes und des Ortes der Holzgewinnung ist durch örtliche Verhältnisse bedingt; wegen des im Allgemeinen leichtern Transportes der Holzkohlen soll dieselbe möglichst nahe dem Holzschlage sein. Die meisten Meilerstätten sind veränderliche, d. h. solche, welche dem Holzschlage folgen; nur dort, wo man das Holz leicht durch Flößen oder Rutschen haben kann, ist es nützlich, eine feste Meilerstätte anzulegen. Die festen Stätten pflegt man auszumauern und den Mauern ringsum eine geringe Neigung nach dem Centrum zu geben, wo-

durch sich ein Theil der wässerigen condensirten Producte und des Theers ansammelt, durch einen unter der Stätte befindlichen engen gemauerten Kanal nach einem Behälter fließt, dessen Oeffnung während des Kohlenbrennens durch eine eiserne Platte und Erde luftdicht verschlossen sein muß, damit keine Luft zum Meiler gelangen könne. Der Vorzug einer festen Stätte vor einer veränderlichen liegt in der vollkommeneren Einrichtung, welche ein für alle Mal getroffen wird, und auch in der Möglichkeit der bessern Ueberwachung des Arbeiterpersonals.

Bei der Anlegung einer veränderlichen Stätte muß der passende Platz geebnet und von Steinen, Stöcken und Wurzeln befreit werden, weil diese den Zug ungleich machen. Wo der erforderliche Zug fehlt, wird er durch eine geringe Neigung der Stätte vom Mittelpunkt gegen die Peripherie hin verstärkt; dadurch wird auch das Abfließen der verdichteten Flüssigkeit befördert. Wo ein feuchter oder ein zu fester und felsiger Boden nicht zu vermeiden ist, verbessert man ihn durch einen Rost von dünnen Aesten und Reißig oder durch eine Verbohlung, welche dann, wie auch der Rost, etwa einen Fuß hoch mit Kohle oder Kohlenlösche bedeckt wird. Jede gebrauchte Meilerstätte muß, da sie viel Feuchtigkeit angezogen hat — welche, wenn man sie nicht entfernte, nicht nur den Verkohlungsproceß verzögern, sondern auch dadurch, daß die Wasserdämpfe mit den glühenden Kohlen sich in Kohlensäure und Wasser umsetzen, durch Verlust an Kohle einen schädlichen Einfluß ausüben würde — erst wieder mit neuer Kohlenlösche beschüttet werden.

§. 656.

Hierauf schreitet man zum Aufstellen des Holzes oder zum Richten des Meilers. Man richtet zu dem Ende, im Mittelpunkte der Meilerstätte, dem sogenannten Quandel, eine dicke Stange, den Quandelpfahl oder, wenn mehrere Stangen angewendet werden, die Quandelstäbe auf. Die stehenden Meiler unterscheidet man als

a) wälsche Meiler (Fig. 149),
b) slavische Meiler (Fig. 150),
c) Schwartenmeiler (Fig. 151).

Ein wälscher oder italienischer Meiler (Fig. 149) hat als Quandel einen aus drei oder vier Stangen bestehenden Quandelschacht, in welchem die Stangen durch Holzspreize *n* auseinander gehalten werden, und besteht aus zwei oder drei Holzschichten (er ist zwei- oder dreischichtig); die conische Holzmasse wird durch horizontal gelegte Scheite abgerundet und der dadurch entstehende Aufsatz auf den eigentlichen Holzschichten heißt die

Haube (chemise). Im unteren Theile des durch die Quandelstäbe gebildeten Schachtes häuft man harziges Holz oder andere leicht entzündliche Materialien an, durch welche später der Meiler in Brand gesetzt wird.

Fig. 149.



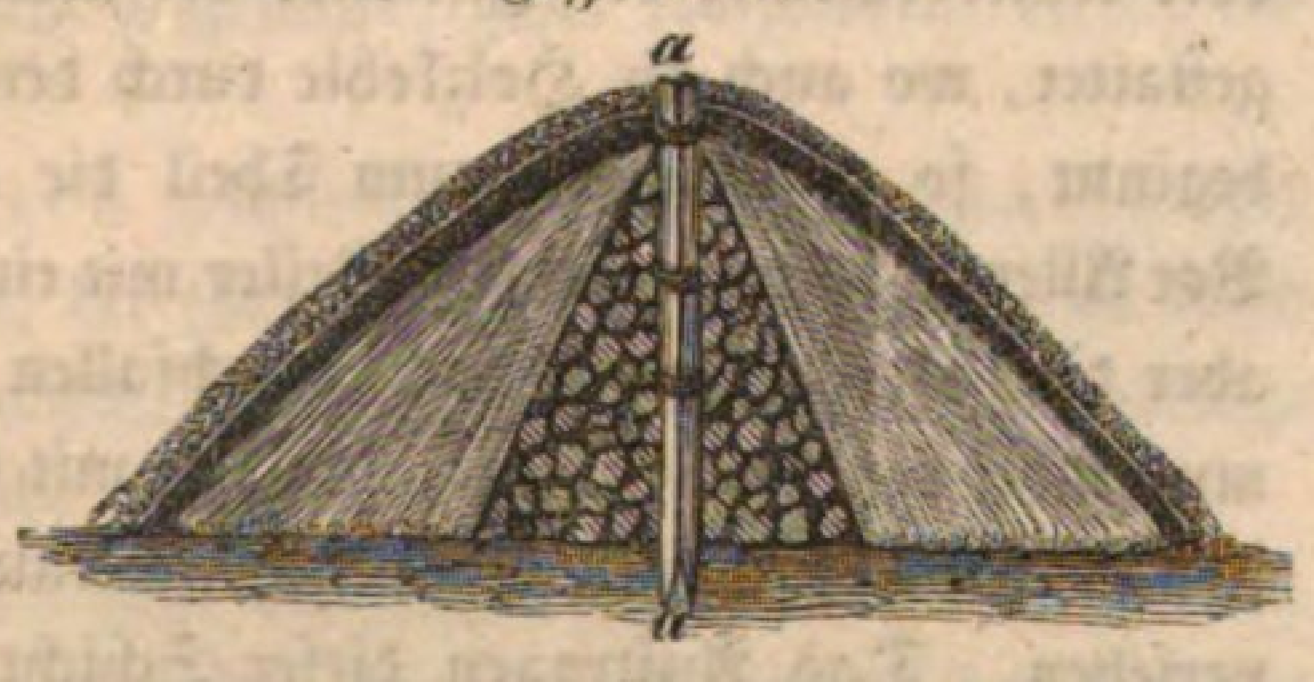
Der slavische Meiler (Fig. 150) unterscheidet sich von dem vorhergehenden durch den Quandel, der hier aus einem eingerammten Pfahl besteht, ferner durch die Zündgasse b, einen bis zum Quandel gehenden Kanal, durch welchen der Meiler entzündet wird.

Fig. 150.



Eine dritte Art stehender Meiler ist der in Norwegen gebräuchliche Schwartenmeiler (Fig. 151), aus Schwarten, d. h. unregelmäßig geformten, dünnen Brettern, welche nur eine größere ebene Fläche besitzen und auf der anderen Seite durch die Baumrinde begrenzt werden, gerichtet. Diese Schwarten fallen beim Zersägen der Baumstämme zu Balken und Brettern ab. Drei der größten bilden den Quandelschacht aa, um welchen Raum man brennbare Stoffe anbringt und darauf einen kegelförmig aufgeschichteten Haufen von größeren Holzabfällen, mit leicht entzündlichen Stoffen untermengt, setzt. Dieser Haufen bildet den Kern des Meilers, an welchen die Schwarten gelehnt werden.

Fig. 151.



Die liegenden Meiler bekommen im Aeußern die Gestalt der stehenden Meiler; die Scheite aber werden horizontal und radial in ein oder zwei concentrische Lagen eingelegt; die äußere Fläche wird parallel mit dem innern Holzkerne gemacht, welchen man zunächst um den Quandel herum in Gestalt eines Kegels aus aufrechtstehenden Scheiten errichtet. Der Quandel ist entweder Quandelschacht oder Quandelpfahl mit Zündgasse.

Das Holzquantum, welches man in einen Meiler einzusetzen pflegt, ist sehr verschieden. Nach den bisherigen Erfahrungen hält man 4000 bis 5000 Kubikfuß für den vortheilhaftesten Holzinhalt eines Meilers. Man weicht jedoch in den verschiedenen Gegenden außerordentlich von diesem mittlern Einsatze ab; so setzt man in dem Thüringerwalde nur 800 bis 900 Kubikfuß Holz, am Harz 4000 bis 6000, in Steyermark 7000 bis 8000, im Königreich Sachsen an mehreren Orten 25,000 bis 35,000 Kubikfuß Holz. Durch große Meiler von 3000 bis 5000 Kubikfuß erspart man beträchtlich an Zeit, während sie nicht viel größere Sorgfalt und Wartung bedürfen als kleine; wo es an Material zur Decke gebricht, erfordern größere Meiler im Verhältniß geringere Mengen desselben als kleine. Kleine Meiler von 800 bis 1000 Kubikfuß Holzmasse eignen sich besonders für gebirgige Gegenden, wo große Meiler selten gut anzubringen sind. Ist der Meiler bis zur beabsichtigten Größe gerichtet, so erfolgt das Ausschmälen, Schlichten oder Ausschlächten, indem man alle äußeren Zwischenräume mit kleinen Knüppeln und Scheiten aussteckt oder, wie Andere vorschlagen, mit Kohlenklein ausfüllt, um die äußere Fläche so dicht wie möglich zu machen. Nach dieser Arbeit heißt der gerichtete Meiler holzfertig oder holzgerecht.

§. 657.

Wenn man in Erwägung zieht, daß die Meilerverkohlung oder überhaupt die Waldköhlerei in der That nichts Anderes ist, als das Verbrennen einer Holzmasse unter einer nachgiebigen Decke, die dem Köhler die Regulirung oder Unterdrückung des Zutrittes der atmosphärischen Luft in dem Augenblick gestattet, wo auch die Holzkohle durch den Sauerstoff der Luft zu verbrennen beginnt, so ergeben sich zum Theil die nun folgenden Arbeiten von selbst. Vor Allem wird der gerichtete Meiler mit einer Decke von Erde versehen. Weil aber die lockere Erde zu leicht durchfallen und das Feuer ersticken würde, so muß man den Meiler, ehe man ihn mit Erde bewirft, noch mit einer Decke von Rasen oder Reisig, Moor, Haidekraut, Schilf, Tannennadeln, Laub ꝛc. versehen. Das Auftragen dieser Schicht wird zuweilen das Vergräsen genannt. Das Auflegen der Decke auf den Meiler geschieht nicht sofort vollständig, sondern der Meiler muß am Fuße bis zu einer Höhe von 6 bis 12 Zoll vor der Hand unbedeckt bleiben. Die hierzu erforderliche Vorrichtung heißt die Rüstung oder Unterrüstung. Man versteht darunter eine rings um den Umfang des Meilers laufende horizontale Umfassung mit dürren Aesten, welche in hölzernen Gabeln (Rüstgabeln) liegen; zuweilen legt man auch nur drei bis vier lange Hölzer am Fuße des Meilers dergestalt umher, daß zwischen jedem Richtholze ein Zwischenraum bleibt; oder man

legt die Richthölzer auf Steine oder Klötzchen von $^1/_2$ Fuß Höhe, welche um die Grundfläche des Meilers in der Länge der Rüsthölzer angemessenen Entfernungen gelegt werden. Diese Rüstung hat den Zweck, theils der Decke Halt zu geben, theils aber auch, den Dämpfen beim Anzünden des Meilers durch die Zwischenräume an der Sohle Ausgang zu gestatten. Bei großen und steilen Meilern bringt man in der mittlern Höhe (der Brust des Meilers) zuweilen eine zweite Rüstung (Oberrüstung) an, welche auf Rüstgabeln ruht, die so lang sind, als die Höhe beträgt, in welcher die zweite Rüstung angebracht werden soll.

Man macht die Bedeckung (das Bewerfen, Schwarzmachen oder Schwärzen) aus Erde oder besser mit einem Gemenge von Lehm, Erde und Kohlenstaub und giebt ihr eine überall gleiche Dicke von 3—5 Zoll. Die allervorzüglichste Decke ist angefeuchtete und durch öfteres Begießen feucht erhaltene Kohlenlösche. Die Haube des Meilers erhält eine stärkere und dicht geschlagene Erddecke, weil sie der Wirkung des Feuers am meisten ausgesetzt ist. Dort, wo Winde dem Meiler nachtheilig werden können, muß er an der Windseite mit Windschauern, aus Brettwänden oder Hecken bestehend, versehen werden.

In einigen Gegenden Deutschlands theilt der Köhler die Bedeckung ab 1) in das Rauh- oder Gründach (aus Rasen, Moos 2c. bestehend), 2) in das Erddach.

§. 658.

Man unterscheidet, wie schon angeführt, zwei verschiedene Arten des Anzündens:

1) das Anzünden von unten geschieht durch die Zündgasse oder das Zündloch mittelst einer Stange, der Zündstange und Zündruthe, an deren einem Ende ein brennender Strohwisch, Birkenschale oder dergleichen befestigt und zu dem Quandel hineingebracht wird;

2) das Anzünden von oben geht vor sich, indem man die im Quandelschacht enthaltenen Materialien anzündet, oder indem man in den Schacht zuerst glühende Kohlen und dann Kohlen und Brände darauf schüttet.

Für das Anzünden von oben ist von Tunner in Leoben ein eiserner Quandelschacht aus einzelnen auf einander gesetzten Theilen in Anwendung gebracht worden, welcher jedoch nur auf stehenden Verkohlungsplätzen mit Vortheil anwendbar sein dürfte. Es soll dadurch ein regelmäßigerer Gang der Verkohlung und größeres Ausbringen bewirkt werden.

Das Anzünden muß früh Morgens und darf an keinem windigen Tage geschehen, indem der Meiler die ersten sechzehn Stunden hindurch die genaueste

Wartung bedarf und Wind die Veranlassung ist, daß sich das Feuer nach einer Seite hin zieht.

§. 659.

Bei dem eigentlichen Kohlenbrennen sind drei Phasen zu unterscheiden:

1) das Schwitzen oder Abbähen,
2) das Treiben,
3) das Zubrennen des Meilers.

Der angezündete Meiler braucht zum Umsichgreifen des Feuers in seinem Innern eine weit größere Luftmenge als ein schon längere Zeit angebrannter. Aus diesem Grunde ist der Fuß des Meilers im Anfange entweder ganz oder nur unvollständig bedeckt; durch die Ausbreitung des Feuers im Meiler entwickeln sich Wasserdämpfe, gemengt mit Producten der trocknen Destillation des Holzes, welche sich an den kälteren Stellen des Meilers zum Theil verdichten und eine Durchnässung, ein Schwitzen derselben bewirken. Es ist zur vollständigen Regulirung des Kohlenbrennens erforderlich, daß diese Dämpfe sobald als möglich Abzug finden, was durch die unvollständige Bedeckung des Meilerfußes erreicht wird. Das eigentliche Schwitzen beginnt etwa 24 Stunden nach dem Anzünden; die dabei sich bildenden Dämpfe sind von gelblichgrauer Farbe und so schwer, daß sie mehr ab- als aufwärts steigen. Die Periode des Schwitzens währt bei kleineren Meilern einige Tage, bei größeren eine Woche und länger.

Während des Schwitzens ist der Meiler dadurch gefährdet, daß in seinem Innern durch Mischen von Kohlenwasserstoffen mit atmosphärischer Luft sich knallgasähnliche Gemische bilden können, welche durch ihre Explosion ein stellenweises Abwerfen der Decke, selbst ein Bersten der Holzmasse bewirken können. Man nennt dies das Werfen des Meilers. Geringe und deshalb für den Meiler gefahrlose Explosionen haben nur ein „Schütteln" der Meilerdecke zur Folge.

Durch die schnelle Ausbreitung des Feuers, theils durch das wirkliche Verbrennen eines Theiles des Holzes, theils endlich durch das Schwinden der Holzmasse als Folge der durch das Austrocknen und Verkohlen bewirkten Volumenverminderung, entstehen im Meiler hohle Räume (das Hohlbrennen), wodurch die Decke zerrissen, folglich das Verbrennen des Holzes im Meiler veranlaßt werden würde. Diese hohlen Räume müssen sorgfältig ausgefüllt werden. Zu diesem Zwecke begiebt sich der Köhler vermittelst eines hölzernen Steges, in welchem Stufen ausgehauen sind, auf den Meiler, wirft die Decke von der oberen Spitze der Haube ab, stößt das Holz, sowie die entstandenen Kohlen mit einer langen Stange (der Füllstange)

so weit und tief als möglich zusammen, füllt den dadurch entstandenen hohlen Raum entweder mit Bränden, Kohlenholz und im Nothfalle auch mit Kohlenlösche aus und trägt dann die Decke wieder mit Vorsicht auf. Diese Arbeit, die, um Kohlenverlust zu vermeiden, mit größter Schnelligkeit und Sorgfalt ausgeführt werden muß, heißt das Füllen.

§. 660.

Sobald die am Fuße des Meilers austretenden Dämpfe eine hellere Farbe zeigen und den charakteristischen brenzlig-sauren Geruch der Producte der trocknen Destillation angenommen haben, beginnt die Periode des Treibens. Der Zutritt der Luft muß jetzt verringert werden; zu dem Zwecke wird die locker gewordene Decke überall wieder an das Holz mit der Füllstange angeschlagen. Auch werden alle entstandenen Oeffnungen und Ritzen mit einer Schaufel gehörig geschlossen. Man nennt diese Arbeit das Umfassen oder Umfangen des Meilers. So bleibt derselbe 3 bis 4 Tage ganz in Ruhe und sich selbst überlassen, indem bei fast gänzlichem Abschluß der Luft die Verkohlung in dem treibenden Meiler durch die hohe Temperatur des Kernes geschieht. Damit jedoch auch die Verbrennung durch die sich entwickelnden Dämpfe und Gase nicht unterdrückt werde, so muß das Feuer durch Zuglöcher (Raumlöcher), welche man mit dem Schaufelstiele in die Decke des Meilers stößt, regulirt werden. Nach etwa 4 Tagen ist der größte Theil des Holzes verkohlt, ausgenommen eine sich unterhalb der Haube rings um den Meiler ziehende mantelförmige Schicht, deren Dicke gegen den Fuß hin zunimmt. Das Feuer muß nun so geleitet werden, daß es von der Haube aus abwärts und vom Kerne gegen den Meilerumfang zu gehe. Diese Operation heißt das Zubrennen, je langsamer sie vollendet wird, desto reichlicher ist die Kohlenausbeute. Während des Zubrennens erhält der Meiler Oeffnungen am Fuße (Fußräume), 4—6 Fuß von einander entfernt. Er behält sie bis zur Beendigung der Verkohlung. Sie sollen den Dämpfen Abzug, der Luft schwachen Zutritt gestatten. Nach 4 bis 8 Tagen ist in Folge des fortgesetzten Schwindens ein abermaliges Füllen, namentlich der Haube nothwendig. Sobald die Wirkung des Feuers nach oben aufgehört hat, wird zum Stechen der Mittelräume, in der Mitte des Meilers oder dort, wo die unteren und die mittleren Holzschichten zusammentreffen, geschritten. Der Meiler tritt nun in die Gare. Wird der Rauch der Zuglöcher hell und blau, so ist dies ein Zeichen der Gare; die Löcher müssen dann geschlossen werden. Die Gare erfolgt bei Meilern von 3000—5000 Kubikfuß Holzinhalt am 10. bis 16. Tag nach dem Anzünden. Hartes Holz erfordert längere Zeit zum Garwerden als

weiches. Eine Beschleunigung des Processes ist immer mit Nachtheil für die Quantität und Güte der Kohlen verbunden.

§. 661.

Nachdem das Garen des Meilers überall erfolgt ist, bleibt er etwa 24 Stunden lang zugedeckt und gegen den Luftzutritt geschützt zum Abkühlen stehen; darauf wird der Meiler abgeputzt und gelöscht. Gestübe (so nennen die Köhler die aufgeworfene Erde; am Harz gebraucht man dafür den Ausdruck Dreck) und Decke werden mit der Krücke abgekratzt und dann wird das reine trockene Gestübe wieder auf den Meiler geworfen, damit es zwischen die Kohlen rinne und das Feuer ersticke. Man ist allgemein der Ansicht, daß die erstickten Kohlen bei weitem nicht so gut seien, als diejenigen, in denen das Feuer ausgelöscht wurde. Nachdem der gelöschte Meiler 12 bis 24 Stunden gestanden ist, schreitet der Köhler zum Kohlenziehen oder Kohlenlangen, indem er am Fuße des Meilers mittelst des Ziehhakens oder Spreißhakens eine Oeffnung macht, eine Quantität Kohlen daraus hervorzieht, die herausgezogenen Kohlen mit trockner Erde oder Lösche bewirft, oder mit Wasser besprengt, darauf eine andere Oeffnung macht u. s. w. Es muß dabei alles Zerkleinern der Kohlen vermieden werden.

§. 662.

Haufenverkohlung.

Die Verkohlung des Holzes in Haufen oder in liegenden Werken wird besonders in dem südlichen Deutschland, in Rußland und Schweden angewendet, sie unterscheidet sich dadurch von der Meilerverkohlung, daß bei derselben das Holz allmälig theilweise verkohlt wird, während man die verkohlten Stücke sogleich zieht. Das Holz kommt dabei in runden Stämmen oder Kloben, sehr selten als Scheitholz zur Verkohlung. Die Meilerstätte bildet ein rechtwinkliges längliches Viereck, dessen vordere und hintere Seiten kürzer sind, als die beiden anderen. Von vorn nach hinten steigt die Stätte etwas und die beiden langen Seiten werden durch eine Reihe senkrecht stehender, starker hölzerner Pfähle dergestalt begränzt, daß beide Reihen parallel laufen. Die Pfähle in jeder Reihe stehen 2,5 — 3 Fuß von einander entfernt und sind nach hinten, wo die Stätte ansteigt, höher als vorn. Die Länge der Stätten beträgt 20 bis 40 Fuß. Die beiden Pfahlreihen, welche die langen Seiten einer Stätte begränzen, stehen gegen 3 Fuß weiter auseinander, als die Scheitlänge des Holzes beträgt, so daß zwischen den Stammenden des zu verkohlenden Holzes und zwischen der

Pfahlreihe jeder Seite ein Zwischenraum von ungefähr 1½ Fuß bleibt, welcher mit Kohlenlösche ausgefüllt wird.

Beim Richten des Haufens legt man auf die abschüssige und mit Kohlenlösche ausgestampfte Sohle der Stätte einige dünne Hölzer der Länge der Stätte nach; diese Holzunterlage hat die Bestimmung, theils die untersten Kloben von der Kohlstätte entfernt zu halten und dadurch die Bildung von Bränden zu verhüten, theils auch den erforderlichen Luftwechsel zu befördern. Auf die Holzunterlage werden der Breite der Stätte nach die zu verkohlenden Holzkloben gelegt und zwar nach hinten immer höher, so daß sie zuletzt die Höhe von 10 bis 15 Fuß erreichen. Der aufgeschichtete Haufen wird mit dünn gespaltenem Holze oder auch mit Zweigstücken geschlichtet und von allen Seiten und oben mit angefeuchteter Kohlenlösche bedeckt. Um diese an den Seiten festzuhalten, sind die Pfähle zu beiden Seiten des Haufens vorhanden, deren Zwischenräume mit Schwarten, Schindeln oder gespaltenem Holze inwendig verzogen werden. Die Pfähle und die Schindeln schützt man durch öfteres Befeuchten vor dem Verbrennen. Fig. 152 und 153 zeigen einen gerichteten Haufen und zwar 152 in der perspectivischen Ansicht und

Fig. 152.

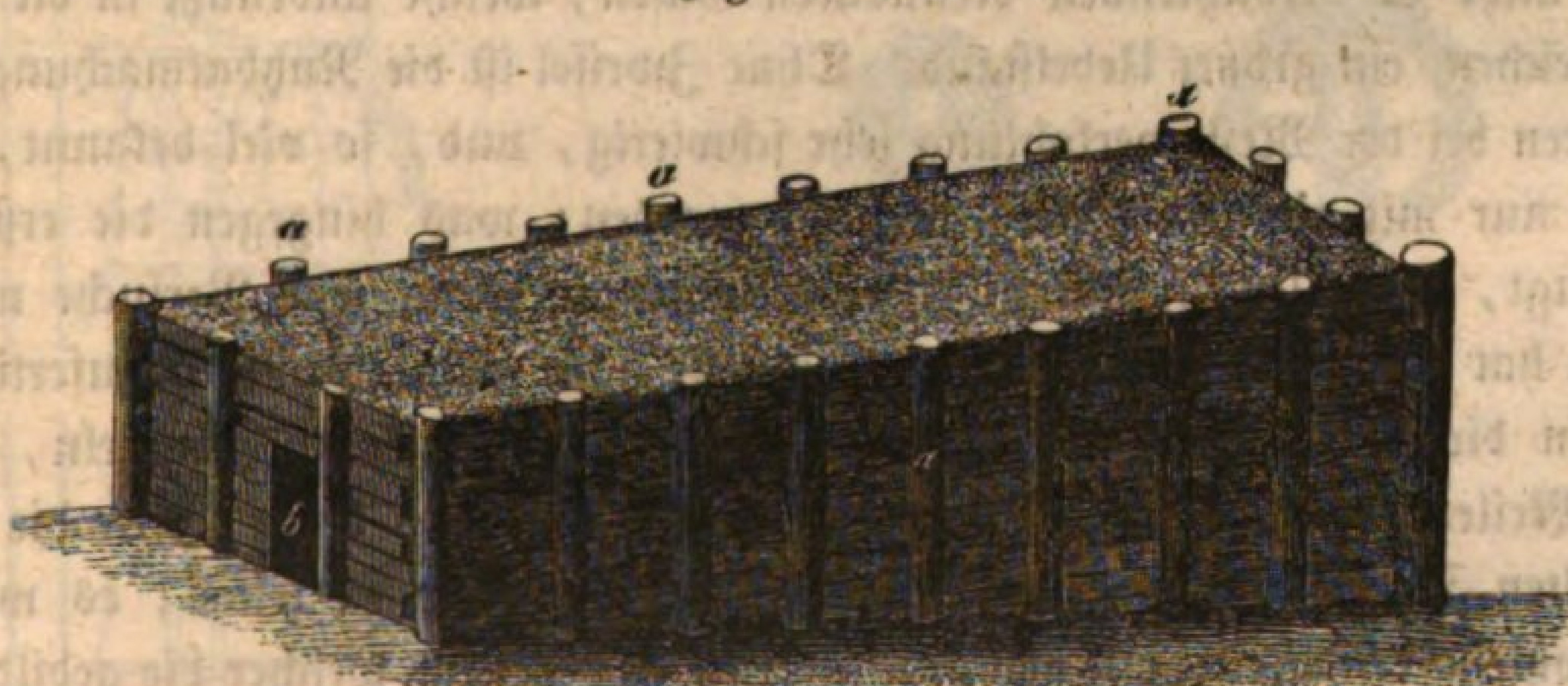


Fig. 153.



Fig. 153 im verticalen Durchschnitte. aa sind die Pfähle mit den Schindeln,

h ist die Löschdecke, b ein am Fußende befindlicher, für das Anzünden aufgesparter Raum (das Feuerhaus). In dem Maße, als das Feuer vorrückt, werden die vorn erzeugten Kohlen schon gezogen, wobei der Köhler nur darauf zu sehen hat, daß sich das Feuer nicht ungleich fortziehe und daß das sogenannte Segel, der Rücken des Haufens, immer gerade oder auf die beiden Pfahlreihen senkrecht bleibe. Bei einer richtig geführten Haufenverkohlung rückt das Feuer täglich etwa um $1^1/_2$ Fuß vor, man braucht daher zur Verkohlung eines Haufens von 24 Fuß Länge 16 Tage, von 60 Fuß Länge gegen 6 Wochen.

Die Haufenverkohlung eignet sich weit mehr zum Auffangen der Nebenproducte als die Meilerverkohlung. Die Dämpfe strömen nach dem höher gelegenen Segel, welches zuletzt verkohlt. Hier lassen sich leicht Röhren einbringen, die in einen Kühlapparat führen.

§. 663.

Versuche, die flüchtigen Producte der Holzverkohlung bei der Waldköhlerei aufzufangen.

Wie schon §. 654 angeführt, ist der große Verlust an zu verdichtenden und nicht zu verdichtenden brennbaren Gasen, welche unbenutzt in die Luft entweichen, ein großer Uebelstand. Ohne Zweifel ist die Nutzbarmachung der letzteren bei der Meilerverkohlung sehr schwierig, und, so viel bekannt, nie auch nur mit einigem Erfolg versucht worden; was hingegen die ersteren anlangt, so fehlen in Betreff ihrer Gewinnung wenigstens Versuche nicht. Man hat z. B. vorgeschlagen, die Kohlstelle flach trichterförmig anzufertigen, um in dieser Vertiefung die tropfbar flüssigen Producte zu sammeln, oder den Meiler mit gasdichten Hurden zu decken und aus deren Mitte die entwickelten Dämpfe durch je eine Röhre in Kühlapparate zu leiten; es wurde empfohlen, den Meiler mit gebranntem Kalk zu bedecken, welcher die gebildeten Gase chemisch binden sollte, und dergleichen mehr; allein alle diese Vorschläge haben den gehegten Erwartungen nicht entsprochen, weil sie entweder den beabsichtigten Zweck nicht erfüllten oder die Resultate der Kohlung verkürzten.

Daß es übrigens nicht unwichtig ist, darauf zu denken, wie diese Stoffe nutzbar gemacht werden könnten, geht aus den Erfolgen der Retortenverkohlung und aus einzelnen, genau angestellten Versuchen hinlänglich hervor. Nach denjenigen von Stolze geben die Laubhölzer 9—10, die Nadelhölzer 13—14 Proc. ihres Gewichts an Theer, wozu nicht zu übersehende Mengen von Holzessig kommen, welche sammt jenen bei der Meilerverkohlung gänzlich verloren gehen.

Diese und davon namentlich den Holzessig zu gewinnen, ist durch die

nun im Folgenden zunächst zu beschreibende Methode, welche H. Fischbach[1]) im Rheinthale in der Nähe von Ragaz kennen lernte, möglich. Das Wesen derselben besteht darin, daß ein großer Theil der fraglichen Dämpfe durch vier an dem äußern Rande der Sohle des Meilers angebrachte Röhren aufgefangen und in einen Kühlapparat geleitet wird, in welchem sie sich verdichten.

Die ganze Construction des letzteren hat der Verf. durch die Fig. 154 bis 158 verdeutlicht. Die einzelne Röhre ist von Eisen, vorn stark erweitert

Fig. 154.

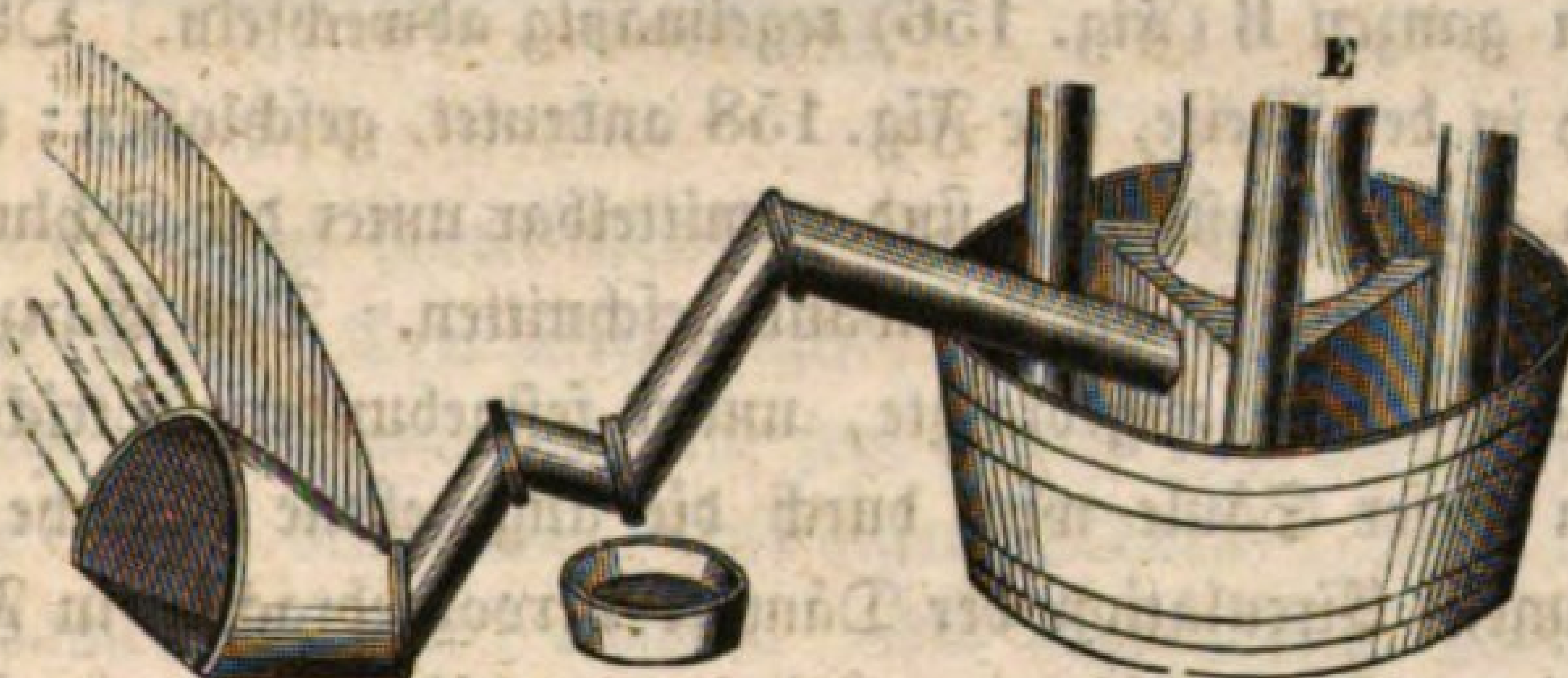


Fig. 155.

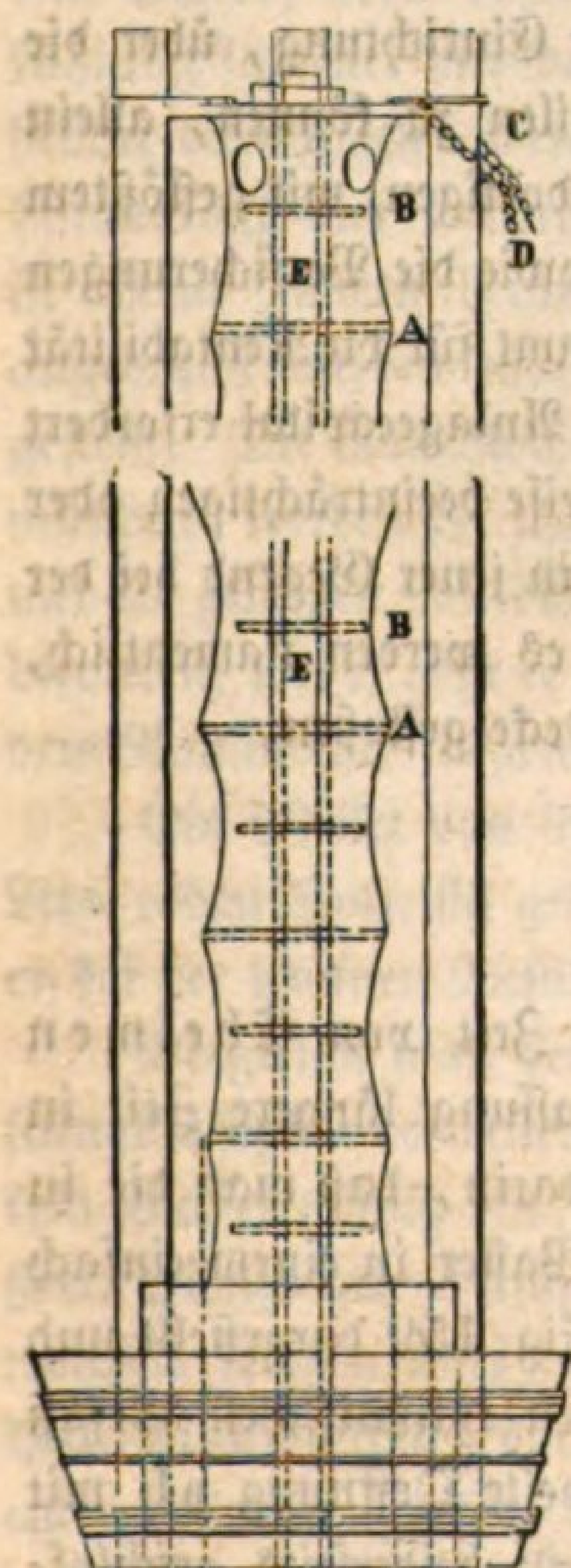


Fig. 156.



Fig. 157.



Fig. 158.



und nach hinten vier Mal gekniet; im mittleren, fast horizontal gestellten Gliede ist auf der Unterseite eine kleine Oeffnung angebracht, aus welcher die daselbst sich bildende Wässerigkeit abfließen kann. Diese Röhren werden so an den

[1]) H. Fischbach, Wagner's Jahresbericht der chem. Technologie, Jahrg. 1856, p. 452.

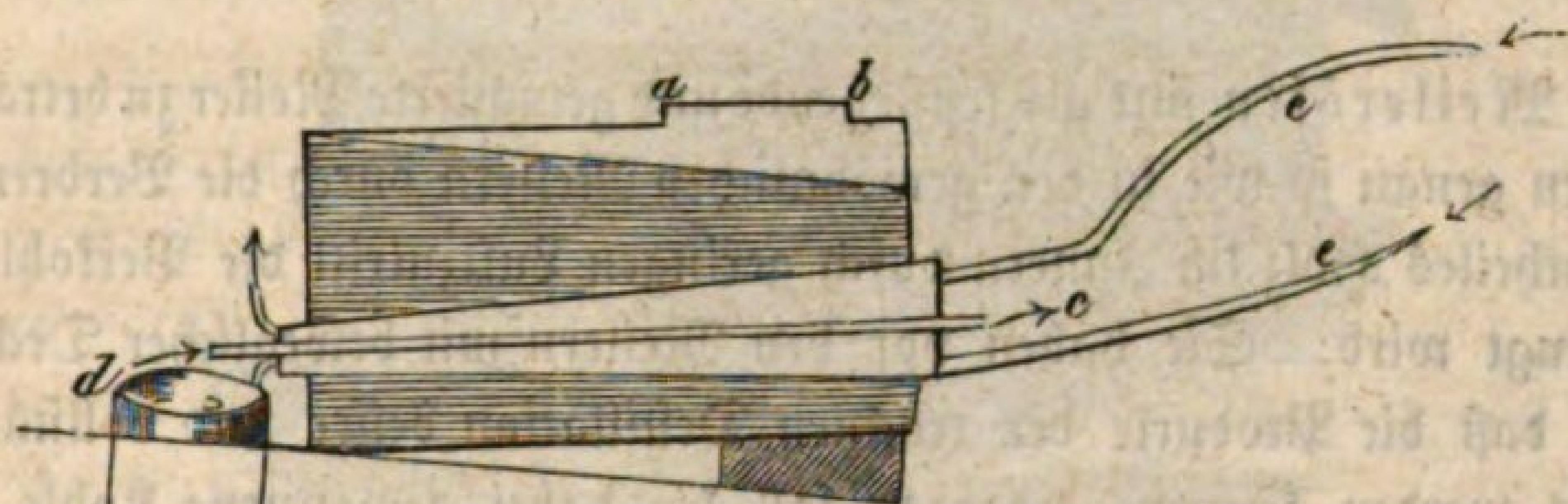
Meiler angesetzt, daß die vordere Oeffnung sich an das Holz anschließt, der Hals derselben durch die Bedeckung des Meilers eingehüllt wird und das entgegengesetzte Ende in einen niedrigen dreiseitigprismatischen Kasten führt, der in einer kleinen Kufe auf drei kurzen Füßen steht. Derselbe ist geschlossen und mündet nach oben in einen circa 1 Fuß weiten, 15 bis 25 Fuß hohen und durch drei parallel oder konisch zusammengestellte Stangen senkrecht aufgerichteten Schlauch E von grober Leinwand. Durch diesen Schlauch geht eine vierkantige Axe, an welcher in gleichmäßiger Entfernung größere durchbrochene hölzerne Scheiben A (in Fig. 157 besonders gezeichnet) mit kleineren ganzen B (Fig. 156) regelmäßig abwechseln. Oben bei C ist der Schlauch in der Weise, wie Fig. 158 andeutet, geschlossen; um übrigens den nöthigen Zug herzustellen, sind unmittelbar unter der Schlußscheibe drei bis vier größere Löcher in die Leinwand geschnitten. Das Ganze muß noch gegen den Wind durch angebrachte, unten festgebundene Stricke D befestigt werden. In dieser Säule wird durch die angegebene einfache Einrichtung eine vollkommene Circulation der Dämpfe hervorgebracht, in Folge der sie sich an der immerfort erkältenden Leinwand abkühlen, condensiren und in flüssiger Form in die Kufe niederträufeln.

Wir sind nicht in der Lage, über die Kosten der Einrichtung, über die Ausbeute an Nebenproducten u. s. w. Zahlen mittheilen zu können, allein die Anwendung dieser Methode bei allen Meilern der dortigen, mit geflößtem Nadelholz ziemlich ausgedehnt betriebenen Köhlerei, sowie die Versicherungen der dabei ständig beschäftigten Arbeiter, sprechen bestimmt für die Rentabilität dieser Methode, die sehr einfach ist, nur ein geringes Anlagecapital erfordert und den Gang und die Art der Kohlung in keiner Weise beeinträchtigen oder verändern soll. Letztere ist ganz die gleiche, wie sie in jener Gegend bei der gewöhnlichen Waldköhlerei zur Anwendung kommt; es werden namentlich, wie sonst allgemein üblich, auch Rauchlöcher in die Decke gestoßen.

§. 664.

Eine ähnliche Methode ist schon vor längerer Zeit von Ebelmen beschrieben worden, nachdem sie auf dessen Veranlassung längere Zeit in Audincourt im Betriebe gewesen war. Sie besteht darin, daß man die in ähnlicher Weise aufgefangenen Dämpfe durch kaltes Wasser in einem einfach construirten Condensator verdichtet. Derselbe ist auf Fig. 159 dargestellt und besteht in einem 3 Fuß langen und 1,4 Fuß starken cylindrischen Gefäß von weißem Blech, welches durch die fast 9 Zoll weite Oeffnung a b mit Wasser gefüllt wird. Durch diesen Cylinder geht ein beiderseits geschlos-

Fig. 159.



sener Kegel c d, dessen oberes Ende 5 Zoll stark ist, während das untere nur 1,7 Zoll mißt. Drei Oeffnungen, welche am oberen Ende desselben angebracht sind, communiciren jede durch eine Röhre von weißem Blech e mit einem Rauchloche desjenigen Meilers, von welchem die Verkohlungsdämpfe zugeleitet werden. Die condensibeln Producte fließen am unteren dünnen Ende aus, während die nicht verdichtbaren Gase durch eine andere, eben daselbst angebrachte Oeffnung entweichen. Um die Abkühlung schneller und vollständiger zu bewirken, ist der Kegel noch von einer Röhre durchzogen, welche mit ihren beiden offenen Enden frei in die Luft hinausragt und dadurch ein ununterbrochenes Durchziehen von kalter Luft in ihrem Innern hervorruft. Diese Condensatoren, die in der Mehrzahl angebracht werden müssen, sind auf dem Boden auf Holzunterlagen aufgestellt. Die Rauchlöcher, in welche die von jenen ausgehenden Röhren einmünden, werden bei 2,5 Fuß Höhe über dem Boden am Meiler angebracht, und sie genügen vollkommen, um den Verkohlungsproceß durch sie allein zu bewirken, jedoch geht er dann langsamer vor sich, als wenn man noch außerdem Rauchlöcher in gewöhnlicher Weise einstößt.

Ein Meiler von 60 Steren gemischten Holzes hat durchschnittlich 1800 Liter rohen Holzessig geliefert, der von ganz gleicher Qualität sein soll, wie er bei der trocknen Destillation in Retorten erzielt wird.

Vergleicht man beide Methoden mit einander, so muß bei gleicher Leistungsfähigkeit der erstern der Vorzug gegeben werden, hauptsächlich weil sie kein Wasser nöthig hat, das in der Nähe der Kohlstelle nicht immer in größerer Menge zur Verfügung steht und doch bei der Sommerköhlerei oft gewechselt werden muß; außerdem sind die Anschaffungs- und jedenfalls die Unterhaltungskosten dort gewiß kleiner als hier. Welcher von beiden Apparaten aber eine größere Ausbeute liefert, das müßten vergleichende Versuche entscheiden.

§. 665.

Verkohlung in Meileröfen.

Die Meileröfen sind als feststehende und gemauerte Meiler zu betrachten, in welchen genau so wie in den gewöhnlichen Meilern durch die Verbrennung eines Antheiles Holz im Innern durch geringen Luftzutritt die Verkohlungshitze erzeugt wird. Sie haben vor den Meilern mit beweglicher Decke das voraus, daß die Producte der trocknen Destillation besser und vollständiger condensirt werden können, dagegen soll die dabei gewonnene Kohle, was Menge und Güte betrifft, der Meilerkohle nachstehen. Man unterscheidet Meileröfen, die hinsichtlich ihrer Form den eigentlichen Meilern und den Haufen entsprechen oder sich bereits den Verkohlungsöfen nähern.

Fig. 160 zeigt einen der einfachsten Meileröfen; die zu verkohlenden Scheite werden darin wie in dem Meiler stehend oder liegend aufgeschichtet.

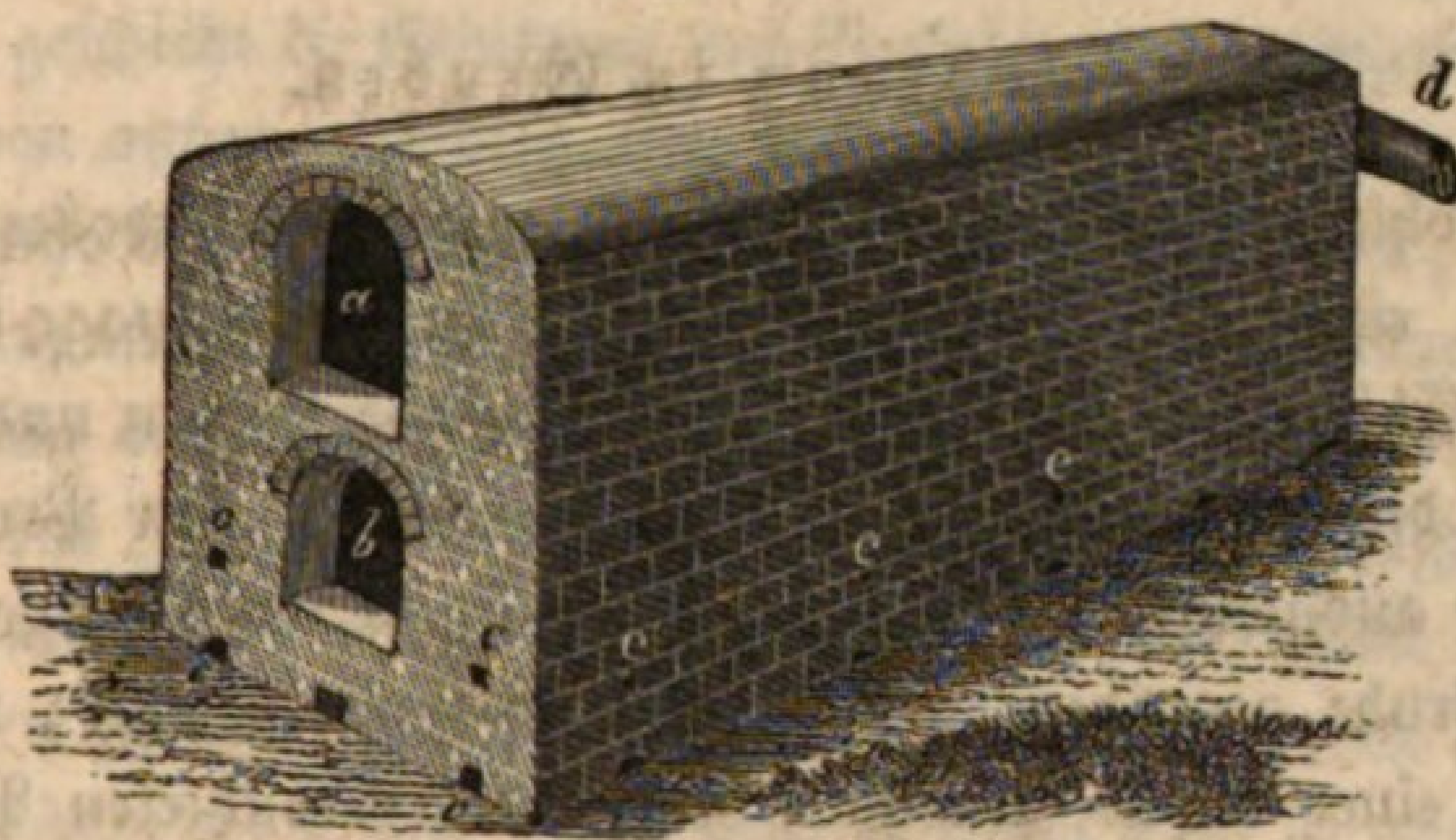
Fig. 160.



Das Holz wird entweder durch die Oeffnung a oder durch die Thüre b eingeführt; von der Thüre bis in die Mitte der Sohle geht die Zündgasse. Mit Ausnahme eines geringen Theiles der Thüröffnung und des Loches a werden alle Oeffnungen vermauert und erst bei dem Kohlenziehen wieder geöffnet. Nachdem das Holz genügend in Brand gerathen ist, werden b und a verschlossen. Die an dem oberen Ende des Meilerofens befindlichen kleinen Oeffnungen (Registeröffnungen) entsprechen den Rauchlöchern des Meilers.

Bei dem Fig. 161 abgebildeten Meilerofen dienen die beiden Thüröffnungen a und b zum Eintragen des Holzes, b außerdem auch zum Kohlenziehen, c c c sind die Registeröffnungen, durch das eiserne Rohr d werden die flüchtigen Producte in einen Verdichtungsapparat geleitet. Während der Verkohlung sind a und b verschlossen. Der Theer sammelt sich größtentheils

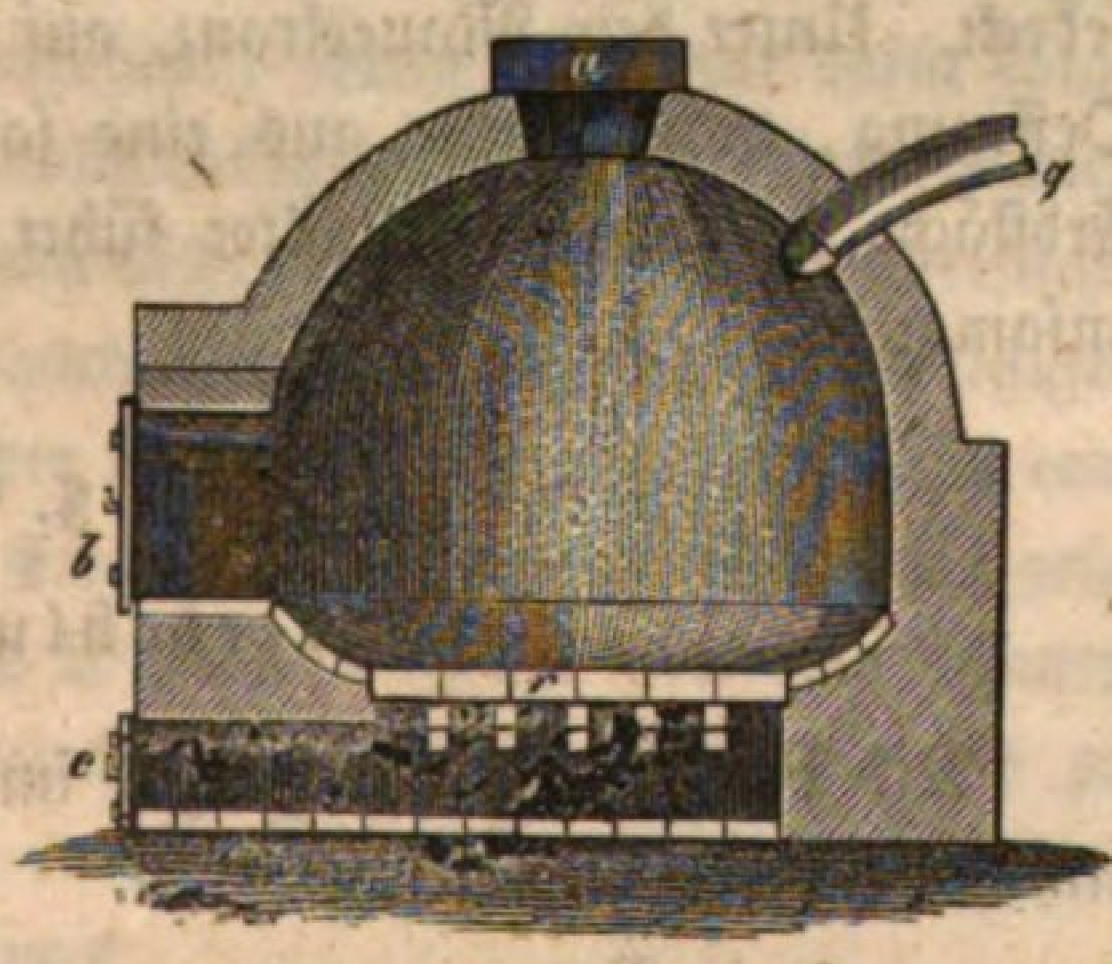
Fig. 161.



auf der Ofensohle und fließt in ein Reservoir. Unter der gewölbten Thüröffnung b befindet sich eine kleine Oeffnung, welche als Mündung der Zündgasse dient.

Der Fig. 162 im Profildurchschnitt abgebildete Meilerofen ist so eingerichtet, daß der Zutritt der Luft durch den Rost r stattfindet. Das Eintragen des Holzes geschieht durch die Oeffnungen a und b. q ist das Abzugsrohr für die flüchtigen Producte. Nachdem der kuppelförmige Ofenraum mit Holz angefüllt ist, wird unter dem Rost Feuer angemacht und daselbst bei geöffneter Thür c und unverschlossener Oeffnung a so lange unterhalten, bis die Mauern des Ofens eine Temperatur erlangt haben, welche zur Beendigung der Verkohlung genügt, was man daran erkennt, daß sich dunkle Theerdämpfe zu entwickeln beginnen. Darauf verschließt man die Thüre und die Oeffnungen.

Fig. 162.



Wenn, wie oben angeführt, mit der Anwendung der Meileröfen der Vortheil einer ziemlich vollständigen Condensation der flüchtigen Producte verbunden ist, so haben sie auf der anderen Seite den Nachtheil, daß das Eintragen und Schichten des Holzes, eben so das Kohlenziehen langwierig und mühsam ist, der Verkohlungsproceß weniger gut beaufsichtigt werden kann, als bei einem Meiler, und endlich die Kosten der Anlage und der Reparatur weit größer sind, als die der Meilerverkohlung.

§. 666.

Verkohlung in Gruben.

Die Verkohlung des Holzes in einem unter der Erdoberfläche befindlichen Raume, eine Verkohlungsmethode, die noch heutzutage in Schweden, Rußland und China gebräuchlich ist, liefert geringe Kohlen und ist fast ausschließlich auf die Gewinnung von Theer berechnet. Der Proceß wird auf folgende Weise ausgeführt. Es wird an der Spitze eines Bergabhanges eine kegelförmige Grube gegraben, die Spitze nach unten gekehrt; von hier aus leitet man in einer etwas geneigten Rinne die verdichteten Producte nach außen in Fässer. Von oben wird die Grube, nachdem sie mit zerkleinertem Nadelholze angefüllt ist, mit Aesten und Erde verschlossen, bis auf einige Oeffnungen, welche als Zuglöcher dienen. Das Anzünden geschieht von oben. Durch de la Chabeaussière ist diese Verkohlungsmethode dadurch verbessert worden, daß er die zur Verkohlung dienenden Gruben ausmauerte und diese Mauern mit auf der Erdoberfläche ausmündenden Luftkanälen und mit einem eisernen Hut versah, welcher letztere bei der Verkohlung die Grube bedeckt. Unter dem Mauerkranz, auf welchem der Hut ruht, befindet sich eine Oeffnung, von welcher aus eine sanft ansteigende Röhre in einen über der Erdfläche gemauerten Behälter führt, in welchem sich Theer, Holzessig ꝛc. ansammeln.

§. 667.

Ofenverkohlung (Ofenköhlerei).

Die Verkohlung des Holzes im verschlossenen Raum ohne Zutritt der atmosphärischen Luft geschieht

1) in Retorten,

2) in Röhren oder in Cylindern,

zuweilen mit erhitzter Luft oder mit Gichtgasen (Seite 51) oder mit Wasserdämpfen oder mit Anwendung von Gebläseluft.

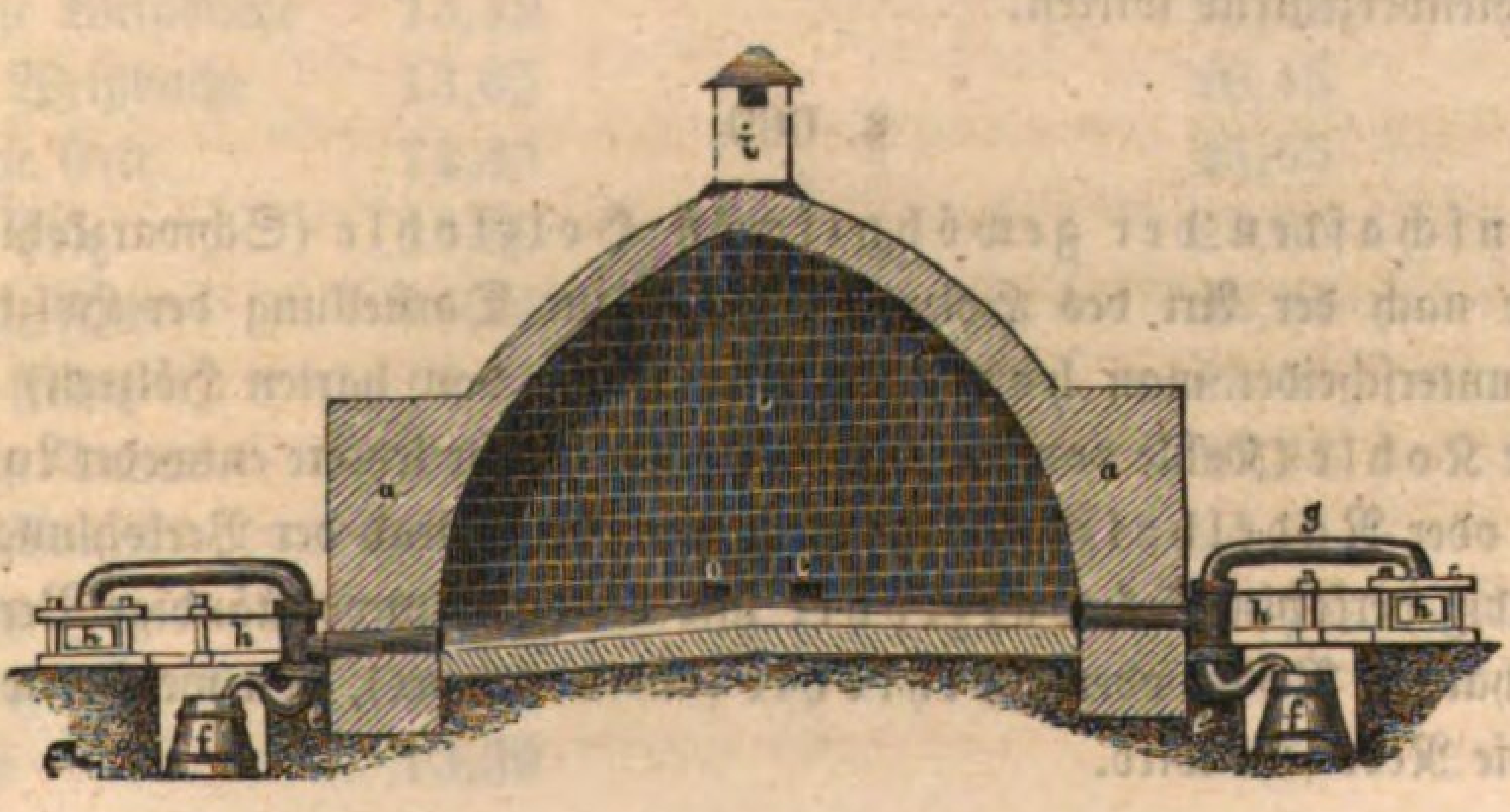
Was die Verkohlung des Holzes in Retortenöfen betrifft, so geht dieselbe dadurch vor sich, daß man das in eisernen oder thönernen Retorten eingeschlossene Holz von außen erhitzt und für den Abzug und die vollständigste Verwerthung der flüchtigen Producte Sorge trägt. In vielen Fällen ist die Theergewinnung, in anderen die Gaserzeugung Hauptzweck; letzteres namentlich bei dem Pettenkofer'schen Holzgasapparat, bei welchem die Holzverkohlung zu dem Beleuchtungsgeschäft herangezogen worden ist.

In den Röhrenöfen, wie solche z. B. von Reichenbach zu Ernstthal bei Blansko in Mähren seit länger als 25 Jahren eingerichtet und im Gange sind, geschieht die Erhitzung und Verkohlung der eingeschlossenen Holzmasse nicht von außen, sondern von innen durch glühend gemachte eiserne Röhren, welche durch den Ofen hin- und hergezogen sind, außerhalb mit einer Feuerung in Verbindung stehen und in eine Esse ausmünden. Wenn die Gewinnung der flüchtigen Producte der Hauptzweck der Verkohlung ist, so gehören ohne Zweifel die Röhrenöfen zu den zweckmäßigsten Apparaten, da außerordentlich an Brennmaterial gespart wird, indem die eisernen Röhren durch eine weit kleinere Quantität Brennstoff geheizt werden können, als die Umfassungswände des Ofens selbst, doch ist dabei nicht zu übersehen, daß zur Herstellung des erforderlichen Zuges die Luft noch ziemlich heiß in die Esse entweichen muß.

§. 668.

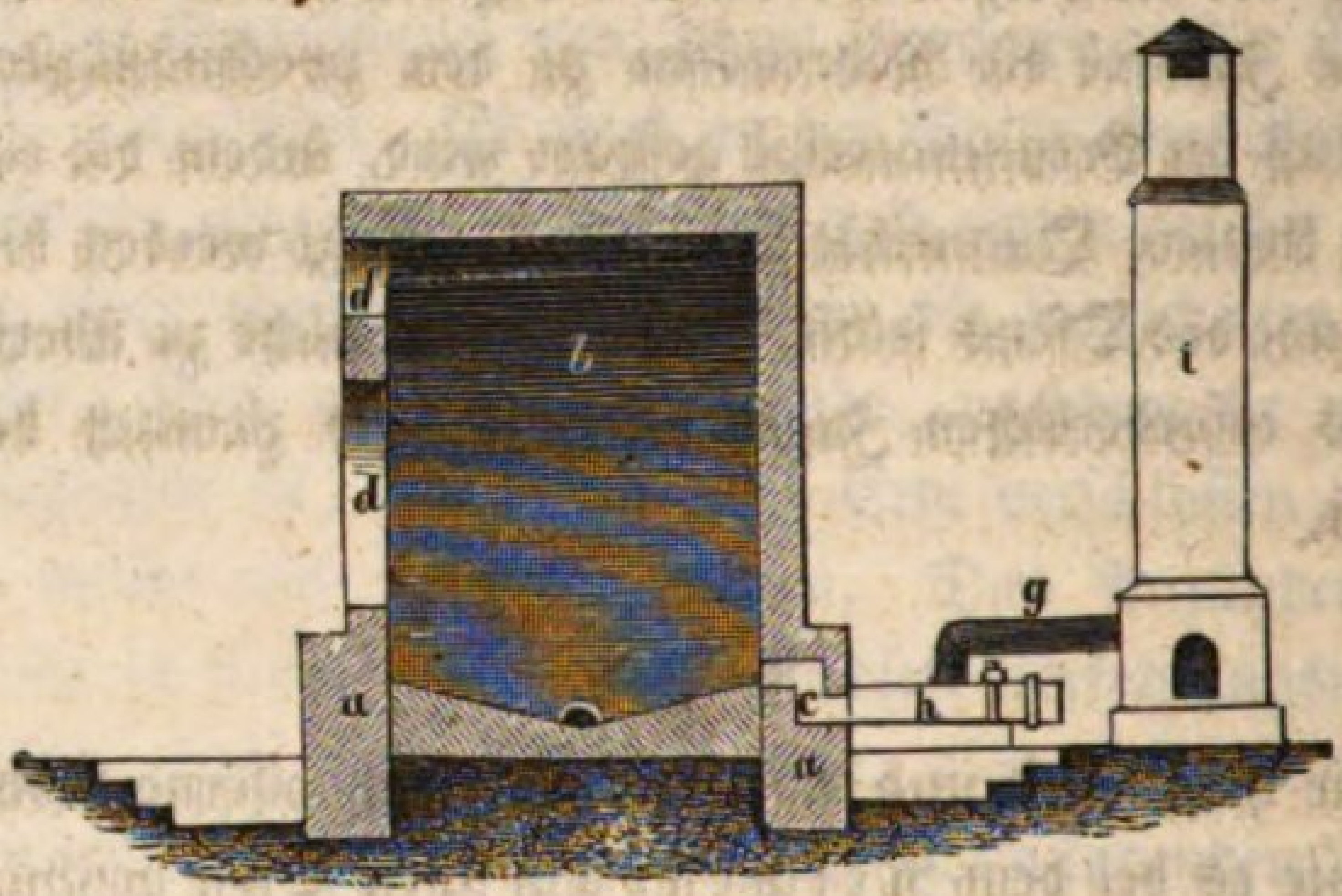
Anstatt die heiße Luft und die Flamme durch eiserne Röhren zu leiten, um dadurch, wie es bei dem Reichenbach'schen Ofen geschieht, das Holz zu verkohlen, kann man auch die eisernen Röhren beseitigen und das Holz ohne Weiteres durch die erhitzte Luft verkohlen, wenn man nur dafür sorgt, daß die Flamme und die heiße Luft so vollständig als möglich ihres Sauerstoffs beraubt sind. Hierdurch erspart man nicht nur die Röhren und beträchtlich an Brennmaterial, sondern bewirkt auch eine schnellere und gleichmäßigere Verkohlung. Nach diesem Princip ist der von Schwarz in Stockholm construirte schwedische Verkohlungsofen eingerichtet. Fig. 163 zeigt den senkrechten Längendurchschnitt dieses Ofens. b ist der von dem Mauerwerk a umgebene Verkohlungsraum; durch die Oeffnungen c c tritt die zur

Fig. 163.



Verkohlung dienende Feuerluft in den Ofen. Die auf der geneigten Sohle verdichteten Flüssigkeiten treten durch eingemauerte Röhren durch die Heberröhren e e in die Theerfässer f f; die Dämpfe der flüchtigen Flüssigkeiten (Holzessig, Holzgeist ꝛc.) treten durch die Röhren g g in die Verdichtungskästen h h, welche letztere mit einer hohen Esse i (Fig. 164) in Verbindung

Fig. 164.



stehen, welche dem Apparat den erforderlichen Zug geben soll. Die Feuerherde haben keinen Rost, wodurch man eine zu lebhafte Verbrennung und das Eintreten von unzersetzter, d. h. sauerstoffhaltiger Luft in den Ofenraum verhindert. Die überwölbten Oeffnungen d d dienen zum Eintragen des Holzes. Das zu einer Verkohlung im Schwarz'schen Ofen nöthige Brennmaterial beträgt etwa 20 Proc. von dem zur Verkohlung angewendeten Holze. Die Verkohlung in diesem Ofen ist weit kostspieliger als die Meilerverkohlung, denn abgesehen von dem verbrauchten Brennmaterial findet ein großer Verlust von Kohle dadurch statt, daß der eintretende Gasstrom größere oder geringere Mengen von Sauerstoff, Kohlensäure und Wasserdämpfen enthält, welche sämmtlich durch Bildung von Kohlensäure oder deren Reduction zu Kohlenoxyd kohlenverzehrend wirken.

§. 669.

Eigenschaften der gewöhnlichen Holzkohle (Schwarzkohle).

Je nach der Art des Holzes, welches zur Darstellung der Holzkohle diente, unterscheidet man **harte Kohle** (Kohle von harten Hölzern) und **weiche Kohle** (Kohle von weichen Hölzern), welche letztere entweder **Laubholz-** oder **Nadelholzkohle** ist, je nach dem Grad der Verkohlung die vollständig verkohlte **Schwarzkohle** und die durch unvollständige Verkohlung erhaltene **Röst-** oder **Rothkohle** (charbon roux), von welcher weiter unten die Rede sein wird.

Nach der Größe theilt man die Holzkohlen in:

1) Stück-, Grob-, Lese- oder Ziehkohlen, die größten und dichtesten Stücke;

2) Schmiedekohlen, dichte Stücke, aber nur von Faustgröße;

3) Quandelkohlen, aus der Nähe des Quandels, kleine undichte Stücke;

4) Kohlenklein, Kohlenlösche, Kläre, kleine Stücke und Staub;

5) Brände, rohe oder rothe Kohlen, unvollständig verkohlte Stücke.

Die Ausbeute an Kohlen wird theils durch die Höhe und Dauer der Temperatur, theils durch die Methode der Verkohlung bedingt. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die reichste Ausbeute an Kohle bei langsamer Steigerung der Temperatur erhalten wird. Der Grund davon ist leicht zu finden. Wird nämlich die Hitze bei Beginn der Verkohlung rasch gesteigert, so werden die in der Nähe der Wände oder der Zündgasse befindlichen Holztheile schon verkohlt, während aus den in der Mitte liegenden noch nicht einmal das Wasser entfernt ist. Kommt dann später der sich entwickelnde Wasserdampf mit den glühenden Kohlen zusammen, so verwandelt er sich auf Kosten der letzteren in Kohlenoxyd und Wasserstoff. Auf der andern Seite ist es auch erwiesen, daß, während der Sauerstoff bei allmälig gesteigerter Temperatur sich so viel als möglich zuerst mit Wasserstoff und später erst mit Kohlenstoff verbindet, er bei rascher Temperaturerhöhung seine Affinität zum Kohlenstoff früher äußert.

Karsten erhielt aus 100 Gewichtstheilen lufttrocknem Holz folgende Kohlenmengen:

	bei rascher Verkohlung,	bei langsamer Verkohlung.
Junge Eiche	16,54	25,60
Alte Eiche	15,91	25,71
Junge Rothbuche	14,88	25,88
Alte Rothbuche	14,15	26,15
Junge Weißbuche	13,12	25,22
Alte Weißbuche	13,65	26,45
Junge Erle	14,45	25,65
Alte Erle	15,30	25,65
Junge Fichte	14,25	25,25
Alte Fichte	14,05	25,00
Junge Tanne	16,23	27,73
Alte Tanne	15,35	24,75
Junge Föhre	15,52	26,07
Alte Föhre	13,75	25,95
Linde	13,30	24,60

Was die Ausbeute an Kohle betrifft, so kann bei der Meilerverkohlung ein Kohleausbringen von 25 bis 27 Gewichtsprocenten im günstigsten Falle annähernd erreicht, aber wol kaum überschritten werden.

Beschoren erhielt 1839 zu Eisleben

aus Eichenholz	21	bis 23,4 Gew.-Proc. Kohle
aus Rothbuchenholz	22,7	" "
aus Birkenholz	20,9	" "
aus Hainbuchenholz	20,6	" "
aus Föhrenholz	25	" "

Auf Veranlassung von Berthier wurden unter Juncker's Leitung zu Poullaouen in den Jahren 1831 und 1832 Verkohlungsversuche mit folgenden Resultaten ausgeführt:

1) Zwei Jahre nach dem Fällen, im August verkohltes Holz:

Eichenholz (entrindet) 25,9 Gew.-Proc. Kohle,
Rothbuchen- und Eichenholz 24,2 " "

2) Im Januar gefälltes und im August desselben Jahres verkohltes Holz:

Rothbuchen- und Eichenholz 23,8 Gew.-Proc. Kohle.

3) Im Mai gefälltes und im August verkohltes Holz:

Rothbuchenholz (entrindet) 23,2 Gew.-Proc. Kohle.
Rothbuchenholz (berindet) 20,1 " "
Eichenholz (berindet) 22,6 " "

4) Im Mai gefälltes und im Januar des nächsten Jahres verkohltes Holz:

Eichenholz (entrindet) 21,9 Gew.-Proc. Kohle.
Eichenholz (berindet) 19,5 " "

5) Sogleich nach der Fällung verkohltes Holz:

Eichenholz (berindet) 13,8 Gew.-Proc. Kohle.
Rothbuchenholz (berindet) 13,1 " "

§. 670.

Die Angabe der Kohlenausbeute dem Volumen nach kann sich entweder beziehen auf das wirkliche Volumen der Holz- oder Kohlenmasse, d. h. auf das Volumen der Masse nach Abzug der Zwischenräume, oder auf das scheinbare Volumen (Gemäßvolumen) ohne Abzug der Zwischenräume. Man kann vergleichen

a) das scheinbare Volumen des Holzes mit dem scheinbaren Volumen der Kohle;

b) das wirkliche Volumen des Holzes mit dem wirklichen Volumen der Kohle;

c) das wirkliche Volumen des Holzes mit dem scheinbaren Volumen der Kohle.

Man kann die erste Methode das Ausbringen nach dem scheinbaren Volumen (I), die zweite das Ausbringen nach dem wirklichen Volumen (II), die dritte das Ausbringen nach beiderlei Volumen (III) nennen.

Nach der Methode (I) erhielt Beschoren zu Eisleben folgende Resultate:

Eichenholz	71,8 bis 74,3	Proc.	Kohle.
Rothbuchenholz	73,0	"	"
Birkenholz	68,5	"	"
Hainbuchenholz	57,2	"	"
Föhrenholz	63,6	"	"

Dem wirklichen Volumen nach (II) betrug als Mittel verschiedener Versuche die Kohlenausbeute 47,6 Proc. Nach beiderlei Volumen (III) erhielt man in Eisleben folgende Resultate:

	Gewicht.	Scheinbares Volumen.	Beiderlei Volumen.
Eichenholz	21,3 Proc.	71,8 Proc.	98,7 Proc.
Rothbuchenholz	22,7 "	73,0 "	100,4 "
Birkenholz	20,9 "	68,5 "	94,2 "
Hainbuchenholz	20,6 "	57,2 "	78,6 "
Föhrenholz	25,0 "	63,6 "	87,2 "

§. 671.

Der durchschnittliche Aschengehalt der Schwarzkohle beträgt 3 Proc. Die Menge des hygroskopischen Wassers richtet sich nach der Porosität der Kohlen und der Länge der Zeit, in der sie aufbewahrt wurden; im gelagerten Zustande enthalten sie 10 bis 20 Proc., durchschnittlich 12 Proc. hygroskopisches Wasser. Nach den Versuchen von Violette[1]) enthält selbst die bei der höchsten Temperatur, die hervorgebracht werden kann, dargestellte Kohle außer dem Kohlenstoff noch kleine Mengen von Wasserstoff, z. B. Kohlen, beim Schmelzpunkt verschiedener Metalle erzeugt, bestanden aus:

---

[1]) Violette, Journ. für prakt. Chem. LIV, p. 324. Auch C. Kahl (1856) hat den Proceß der Verkohlung des Holzes einer gründlichen Untersuchung unterworfen; vergl. Wagner's Jahresbericht, Jahrgang 1856, p. 440.

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Asche.
Schmelzpunkt des Antimons (432°)	81,64	1,96	15,24	1,16
„ „ Silbers (1023°)	81,97	2,29	14,14	1,59
„ „ Kupfers (1100°)	83,29	1,70	13,79	1,22
„ „ Goldes (1250°)	88,13	1,41	9,25	1,19
„ „ Stahles (1300°)	90,81	1,58	6,48	1,15
„ „ Eisens (1500°)	94,56	0,73	3,84	0,66
„ des Platins (üb. 1500°)	96,51	0,62	0,93	1,94

Wenn man von dem geringen Gehalt der Schwarzkohle an Wasserstoff und Sauerstoff absieht, so läßt sich die durchschnittliche Zusammensetzung einer lufttrocknen Schwarzkohle auf folgende Weise ausdrücken:

Kohlenstoff	85	Proc.
Hygroskopisches Wasser	12	„
Asche	3	„

§. 672.

Die Brennbarkeit der frisch dargestellten Schwarzkohle ist außerordentlich groß, insofern dieselbe, einmal entzündet, bei dem nöthigen Luftzuge fortbrennt; die Entzündungstemperatur derselben liegt dagegen, weil die Kohle fast keine flüchtigen brennbaren Substanzen enthält und außerdem ein schlechter Wärmeleiter ist, sehr hoch. Mit der Aufnahme von hygroskopischem Wasser nimmt die Brennbarkeit der Kohle ab. Die Flammbarkeit der Schwarzkohlen ist fast null.

Das specifische Gewicht der Holzkohlen ist nach Hassenfratz:

Birkenkohle	0,203	Ahornkohle	0,164
Eschenkohle	0,200	Eichenkohle	0,155
Rothbuchenkohle	0,187	Birnbaumkohle	0,152
Weißbuchenkohle	0,183	Erlenkohle	0,134
Ulmenkohle	0,180	Lindenkohle	0,106
Rothtannenkohle	0,176		

Nach Rumford ist das specifische Gewicht der Holzkohle abhängig von dem specifischen Gewichte des Holzes, aus welchem sie bereitet ist. Die Verschiedenheit in den Angaben über das specifische Gewicht der Kohlenarten erklärt sich durch die große Schwierigkeit der Bestimmung des specifischen Gewichts. Eben so wie bei andern porösen Körpern, kann man bei der Holzkohle ein zweifaches specifisches Gewicht unterscheiden, dasjenige, welches das Volumen der Substanz, einschließlich der in den Poren enthaltenen Luft angiebt — das relative specifische Gewicht — und das, welches das Volumen ohne jene Luft in den Poren ausdrückt — das absolute specifische Gewicht.

— G. Werther[1]) fand bei seinen höchst genauen Versuchen zur Ermittelung des letzteren folgende Zahlen:

Weinrebenkohle	1,45	Lindenkohle	1,46
Faulbaumkohle	1,53	Erlenkohle	1,49
Weidenkohle	1,55	Eichenkohle	1,53
Pappelkohle	1,45		

§. 673.

Der Wärmeeffect und das relative specifische Gewicht verschiedener Holzkohlen ergiebt sich aus folgender Tabelle:

	Wärmeeffect C = 1			1 Gewichtstheil Kohle reducirt Blei	1 Gewthl. Kohle erwärmt Wasser von 0—100° C.	Spec. Gew.
	Absol.	Specif.	Pyrom.			
Schwarzkohle lufttrocken	0,97	—	2450	—		—
Schwarzkohle völlig trocken	0,84	—	2350	—		—
Birkenkohle „ „	—	0,20	—	33,71	Im Durchschnitt 75,7 Theile	0,203
Eschenkohle „ „	—	0,19	—	—		0,200
Rothbuchenkohle „ „	—	0,18	—	33,57		0,187
Rothtannenkohle „ „	—	0,17	—	33,51		0,176
Ahornkohle „ „	—	0,16	—	—		0,164
Eichenkohle „ „	—	0,15	—	33,74		0,155
Erlenkohle „ „	—	0,13	—	32,4		0,134
Lindenkohle „ „	—	0,10	—	32,79		0,106
Fichtenkohle „ „	—	—	—	33,53		—
Weidenkohle „ „	—	—	—	33,49		—

Nach dieser Tabelle steht bei wasserfreien Holzkohlen der specifische Wärmeeffect im geraden Verhältniß zu ihren specifischen Gewichten und ist geringer, als der der entsprechenden Hölzer, und zwar ist die Differenz um so größer, je mehr das Holz beim Verkohlen schwindet.

[1]) G. Werther, Journ. für prakt. Chemie LXI, p. 29.

§. 674.

Die Rothkohle oder Röstkohle.

Da die vollständige Verkohlung des Holzes einen fast 40 Proc. betragenden Verlust von Brennstoff nach sich zieht, so hat man sich seit einer Reihe von Jahren bemüht, die Verkohlung des Holzes nur bis zu dem Grade fortzusetzen, bei welchem die Kohle noch eine schwärzlich braune Farbe zeigt. Die Erfahrung hat gelehrt, daß, wenn das lufttrockene Holz etwa 60—70 Proc. von seinem Gewicht verloren hat, man diejenige Kohle erhält, welche man Roth- oder Röstkohle (charbon roux) nennt. Sie liegt in der Mitte zwischen Holzkohle und gedarrtem Holz, ist weit sauerstoffreicher, leicht zerreiblich, locker, aber weniger porös. Ihre Brennbarkeit und Flammbarkeit sind bei weitem größer als die der Schwarzkohle. Als Brennmaterial in Schachtöfen zu metallurgischen Zwecken ist die Rothkohle ein wichtiges Brennmaterial.

Die Zusammensetzung der frisch und normal bereiteten Rothkohle ist ungefähr folgende:

Kohlenstoff	74	Proc.
Chemisch gebundenes Wasser	24,5	„
Asche	1,5	„

die von gelagerter Rothkohle:

Kohlenstoff	66,5	Proc.
Chemisch gebundenes Wasser	22	„
Hygroskopisches Wasser	10	„
Asche	1,5	„

Die Darstellung der Rothkohle in Meilern und Haufen hat nur ungenügende Resultate gegeben, dagegen die Anwendung einer nicht zu Ende geführten Destillation in gußeisernen Kästen bessere Ergebnisse geliefert. Die von Sauvage[1]) vorgeschlagene und bereits versuchsweise in Anwendung gebrachte Methode der Erzeugung von Rothkohle in Meilern mit Anwendung der Gebläseluft wird auf folgende Weise ausgeführt: Man errichtet einen etwa 35 Fuß langen, 1 Fuß tiefen und 1 Fuß breiten Graben, der an dem einen Ende mit einer breiteren grabenartigen Vertiefung in Verbindung gesetzt wird. Ueber dem schmalen Graben wird der Meiler errichtet, wie es Fig. 165 im Querschnitte zeigt. Ueber dem Graben a ist ein 3—4 Fuß hoher, gewölbartiger Raum aufgespart, wie aus Fig. 166 deutlich wird, der den Meiler und Graben

[1]) Sauvage, Annales de mines (3) XVI, p. 657.

im Längsdurchschnitte zeigt. Die Enden des Gewölbes werden durch vorgesetzte eiserne Platten verschlossen, worauf der Meiler mit einer gewöhnlichen Decke versehen und mit Hülfe des Centrifugalgebläses v und des eisernen Canales r durch die Eintreibung von heißer Luft in den Graben erhitzt wird. Der eiserne

Fig. 165.

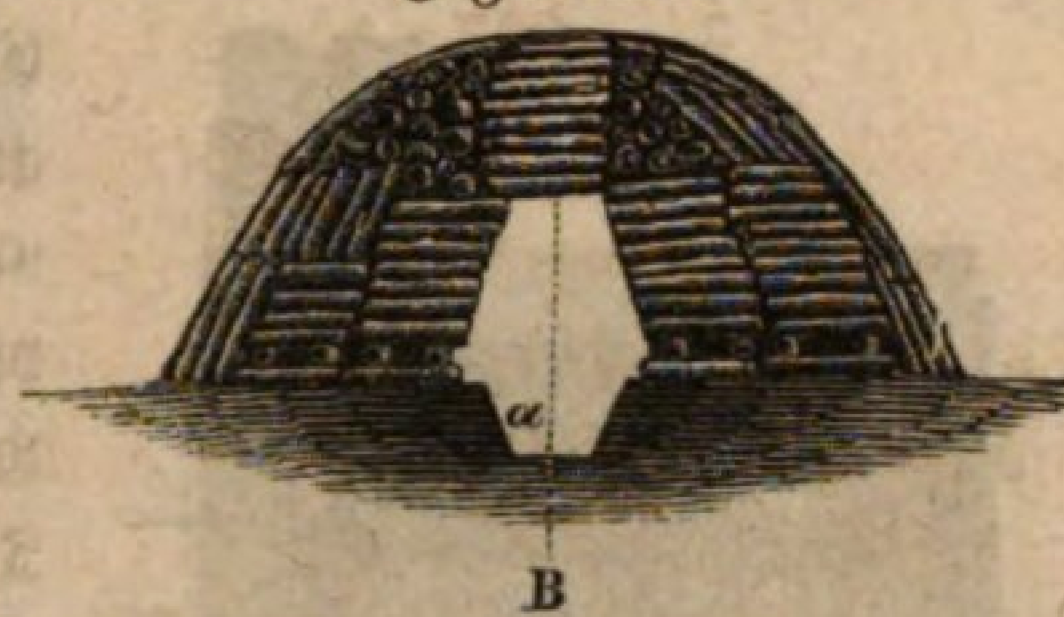


Fig. 166.



Canal geht in einen mit Rost versehenen eisernen Kasten, der mit Brennmaterial beschickt ist. Durch das Gebläse tritt ein heißer, durch den Rost ein kalter Luftstrom in den Meiler; der kalte Luftstrom hat die Bestimmung, den heißen zu verdünnen, weil außerdem das Holz im Meiler sich entzünden würde. Die bisherigen Versuche haben gezeigt, daß sich auf diese Weise keine eigentliche Röstkohle, sondern nur ein stark gedarrtes Holz erhalten läßt.

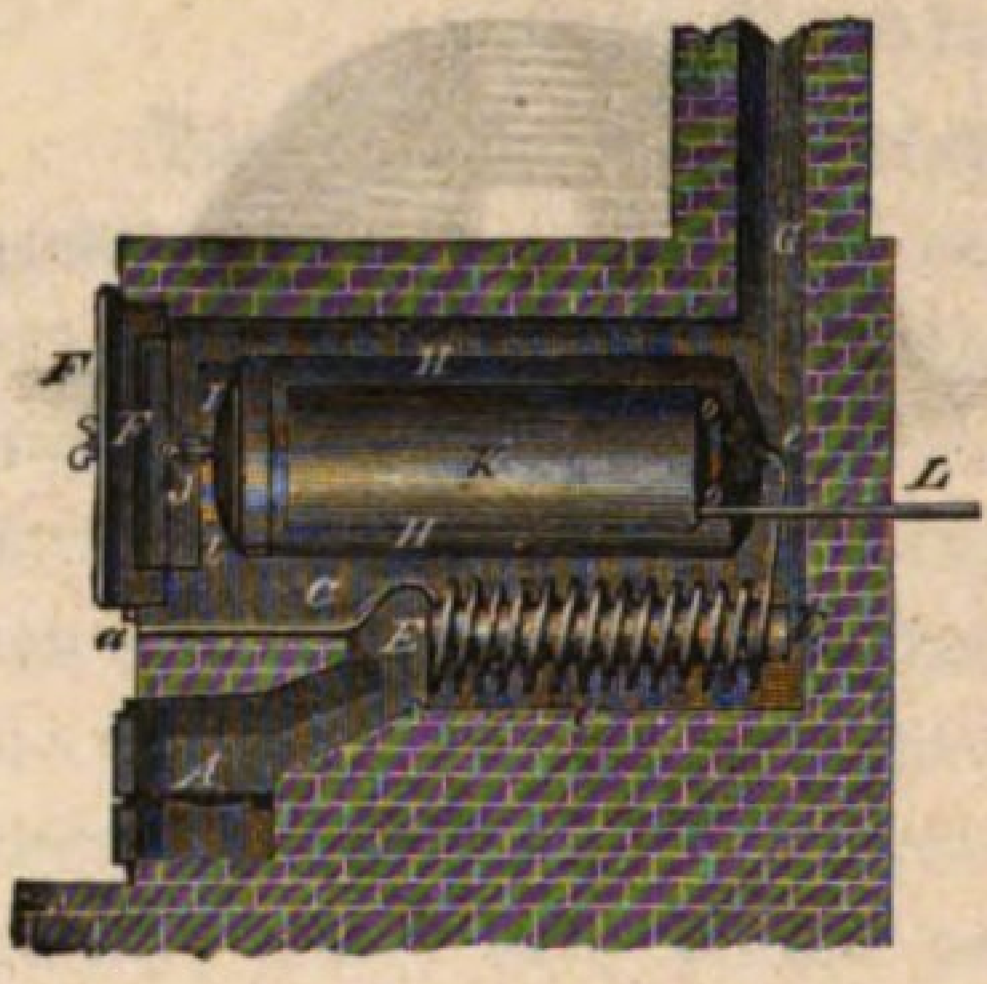
§. 675.

Die Darstellung einer gleichmäßigen Rothkohle gelingt am besten durch Anwendung einer mäßig hohen Temperatur und erhitzter Wasserdämpfe, welche das zu verkohlende Holz durchströmen. Die Anwendung der heißen Wasserdämpfe ist zuerst 1843 von Laurent und Thomas vorgeschlagen und später von Heyß, de la Croix und Violette ausgeführt worden. Die ersten Versuche im Großen wurden von Violette[1]) in der Pulverfabrik zu Esquerdes bei St. Omer angestellt; er bediente sich eines eigens construirten Apparates (Fig. 167), worin der erzeugte Dampf in einer Spirale auf einige hundert Grade erhitzt und in die Kohlungsretorten geleitet wurde. K ist ein an seinem hinteren Theile geschlossener Cylinder aus Eisenblech, der durch Stangen o mit dem größeren Cylinder H verbunden ist. Die aus

---

[1]) Violette (1847), Compt. rend. XXVI. p. 683; Dingl. polytechn. Journal, CIX. p. 137.

Fig. 167.



Stabeisen gefertigte Spirale C führt aus einem Dampfkessel bei e Dampf in den Cylinder H. Der in der Axe der Spirale angebrachte hohle Cylinder E veranlaßt die von dem Feuerraume A aufsteigende Flamme die Spiralwindungen zu umspülen und dadurch den Dampf bis auf die erforderliche Temperatur zu erhitzen. Nachdem die heißen Verbrennungsgase gewirkt, gehen sie um den Cylinder H herum und dann in den Schornstein. Die gußeisernen Thüren F F verhindern die Abkühlung. Das zu verkohlende Holz wird in siebähnlich durchlöcherte Blechgehäuse gebracht, die in den Cylinder K passen. Nachdem der Deckel J aufgeschraubt ist, läßt man bei e heißen Dampf einströmen, welcher, nachdem er auf das Holz gewirkt, mit den Producten der trocknen Destillation des Holzes gemischt durch das Rohr L in den Kühlapparat entweicht.

Es ergaben sich in Esquerdes folgende Resultate:

	Dauer der einzelnen Versuche	Steinkohleverbrauch unter dem Dampfkessel	Holzverbrauch zur Heizung des Dampfes	Quantum des Kohlholzes	Ertrag an Rothkohle absolut	Ertrag an Rothkohle in Procenten
Mittel der ersten Versuchsreihe:	2 h. 11 m.	29,7 Kil.	21,3 Kil.	25,0 Kil.	8,63 Kil.	34,01 Kil.
Mittel der zweiten verbesserten Versuchsreihe:	2 h. 20 m.	21,0 Kil.	14,8 Kil.	28,1 Kil.	10,27 Kil.	36,50 Kil.

Mittel aus 4 Jahrgängen } altes Verfahren in Cylindern { 14,08 bis 17,81 Proc. Schwarzkohle.

Es ist demnach an Zeit, an Quantität und zumeist an Qualität gewonnen; letzteres um so mehr, als der Dampf allen Theer mit fortnimmt und so die Bildung jener dichten, dem Schießpulver so nachtheiligen Theerkohle verhindert[1]).

[1]) Neuere Untersuchungen von Violette über den Holzverkohlungsproceß sind beschrieben im Journal für prakt. Chemie LIV. p. 313; Dingl. polytechn. Journal CXXI. p. 102. Emil Kahl in Dresden hat neuerdings (1856) das Verfahren von Violette auch zur Darstellung von Schwarzkohlen benutzt und dabei nicht unbefriedigende Resultate erlangt: vergl. Wagner's Jahresbericht, Jahrg. 1856. p. 440.

Der Torf.

§. 676.

Der Torf (tourbe) ist das Product der freiwilligen Zersetzung von Vegetabilien, wozu auch noch Mineralstoffe, wie Sand, Lehm, Thon, Kalk, Eisenkies, Eisenocker u. s. w. kommen. Man trifft ihn überall, wo stagnirende Gewässer sich befinden, vorzüglich an den Ufern der Flüsse, deren Lauf sehr langsam ist. Man trifft in dem Torfe Ueberreste von Thieren, ähnlich den jetzt noch lebenden, eben so Trümmer von Fahrzeugen, Münzen, Werkzeugen 2c., welches beweist, daß er im Allgemeinen nicht älter als das Dasein des Menschen ist.

Eine Hauptbedingung der Torfbildung ist stagnirendes Wasser, welches die Luft von den torfbildenden Pflanzen abschließt. Torflager werden sich daher vorzüglich an solchen Orten bilden, welche zwar noch eine genügende Temperatur zur Entwicklung der Vegetation, aber vor Allem stehendes Wasser besitzen, welches den Torf den größten Theil des Jahres von der Luft abschließt. Besonders geeignet für die Torfbildung sind Hochgebirge, in denen auf der einen Seite bedeutende Niederschläge von meteorischem Wasser erfolgen, auf der anderen Seite auch die niedere Lufttemperatur die Verdunstung vermindert. Findet sich daselbst ein das Wasser nicht durchlassender Untergrund, so stauen sich die Wasser an und bilden Sümpfe, in denen die Sumpf- oder Torfpflanzen, vorzüglich folgende Arten wachsen: *Eriophorum*, verschiedene *Carex*arten, *Erica*, *Calluna*, *Ledum palustre*, *Ranunculus*, *Alisma*, *Potamogeton*, *Juncus*, *Chara*, *Lemna*, *Hypnum*, vor Allem aber *Spagnum*, so *Sp. cymbifolium*, *acutifolium*, *cuspidatum*, *molluscum etc.*, welche Pflanze zur Torfbildung sich vorzugsweise eignet, weil sie nie ganz abstirbt, sondern oben beständig fortwächst und sich verzweigt, während die älteren Theile verwesen. Aber auch ebene Gegenden mit undurchlassendem Untergrunde haben mächtige Torflager aufzuweisen [1]).

Sämmtliche europäische Gebirge enthalten Torfmoore; am reichsten daran sind die großen Ebenen, welche sich von Belgien und Holland an den Küsten der Nord- und Ostsee vorbei bis nach Rußland erstrecken. Auch in Irland, Schottland, Norwegen und Schweden kommen bedeutende Torfmoore vor. In den Ebenen der Aequinoctialgegenden fehlt der Torf gänzlich,

---

[1]) Ueber die Torfbildung vergl. Bronn, Geschichte der Natur, Bd. II. p. 347.

wahrscheinlich deshalb, weil die daselbst herrschende hohe Temperatur eine vollkommene Verwesung der zur Torfbildung geeigneten Pflanzen bewirkt.

§. 677.

Der Torf bildet Lager von der verschiedensten Ausdehnung und Mächtigkeit und liegt entweder frei und ist nur von Vegetation bekleidet, deren verschiedene Natur die Unterscheidung von Hoch- oder Haide- und Grünlandsmooren veranlaßt hat; oder er ist bedeckt, gewöhnlich von lockeren Bodenmassen, wie der Darg in Ostfriesland, zuweilen selbst von festen Lagermassen, namentlich von Tuffkalk, mit welchem er auch dann und wann wechsellagert. Die Hochmoore entstehen auf die Weise, daß, nachdem eine Vertiefung, ein Sumpf, durch Torf ausgefüllt ist, in vielen Fällen noch fortgesetzte Torfbildung stattfindet, ungeachtet die Pflanzen jetzt nicht mehr von Wasser bedeckt sind. Diese Erscheinung hat ihren Grund in der Capillarität der Torfmoore; es wird ununterbrochen Wasser aus der Tiefe aufgesogen und die abgestorbenen Pflanzen sind fortwährend mit Wasser benetzt, wodurch sie vor der vollständigen Verwesung geschützt sind. Das Anwachsen des Moores über den Wasserspiegel hinaus kann 10 bis 20 Fuß betragen. Nach dem Rande hin nimmt die Höhe eines solchen Torfmoores in Folge der dort geringeren Capillarität ab. In vielen Fällen ist die Basis der Hochmoore ein Lager von Baumstämmen, besonders Eichen, Erlen, Weiden, Tannen und Föhren. Die Grünlands-, Wiesen- oder Haidemoore charakterisiren sich durch eine völlig horizontale Oberfläche, welche von fern gesehen einer Wiese oder Weide gleicht; sie liegen meist in großen Ebenen, welche von unbedeutenden Anhöhen umgeben sind, oder an den Ufern der Flüsse.

§. 678.

Die abweichende Beschaffenheit des Torfes ist theils von der Verschiedenheit der Pflanzen abhängig, aus denen er sich bildet, theils von der vollkommeneren oder unvollkommeneren Zersetzung der Vegetabilien, theils auch von der Natur und der Quantität der mit der Torfsubstanz sich vermengenden erdigen Theile. Es ist einleuchtend, daß der verschiedene Druck, welchem der sich bildende Torf unterliegt, auf die Dichtigkeit seiner Masse von Einfluß ist. Nach der Verschiedenheit der Vegetabilien, aus welchen der Torf sich erzeugte, lassen sich unterscheiden:

1) Moortorf, zu welchem Spagnumarten hauptsächlich das Material darboten;

2) Haidetorf, der besonders aus den Wurzeln und Stämmen der eigentlichen Haidepflanzen sich erzeugte;

3) Wiesentorf, aus Gras und Schilf gebildet;

4) Wald- oder Holztorf, der hauptsächlich aus dem Holze von Waldbäumen entstand;

5) Meertorf, der aus Tangen sich bildete.

Hinsichtlich seiner Gewinnung theilt man den Torf ein 1) in Stechtorf, welcher unmittelbar aus den Torfmooren in ziegelähnlichen Stücken ausgestochen wird; die Ziegel der obersten jüngeren und faserigen Schicht heißen Rasentorf, die der darunter liegenden schweren Moortorf; 2) Baggertorf und 3) Streich- und Preßtorf werden aus breiförmiger Moormasse, deren weiche Beschaffenheit das Stechen nicht zuläßt, gebildet oder gleich Mauerziegeln geformt. Ist die Masse zu dünnflüssig, wie es in Holland, Westphalen, auch im nördlichen Frankreich der Fall ist, so wird ein Theil des Wassers durch die sogenannten Baggernetze abgeseiht. Diese Operation nennt man das Baggern und den so erhaltenen Torf Baggertorf. Um dem Torf eine größere Dichte zu ertheilen, wird er zuweilen durch besonders construirte Torfpressen gepreßt und führt dann den Namen Preßtorf. Läßt man das Alter des Torfes als Eintheilungsgrund gelten, so zerfällt der Torf in

1) jungen Torf mit deutlich organischer Structur und gelber, brauner oder schwarzer Farbe;

2) alten Torf von dunkelbrauner bis pechschwarzer Farbe, fast ohne Spuren von organischer Textur; er ist entweder Erdtorf mit erdiger Bruchfläche oder Pechtorf mit muschligem Bruche.

§. 679.

Die feste Torfmasse begreift die organischen und die mineralischen Bestandtheile des Torfes. Die Gewichtsverhältnisse der drei Hauptbestandtheile der organischen Masse — des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs, mit häufiger Vernachlässigung einer kleinen Menge Stickstoff — sind durch vielfältige Analysen ermittelt worden.

Nach Fickentscher ist die Zusammensetzung einer Torfart aus dem Fichtelgebirge

Kohlenstoff	66,55
Wasserstoff	10,39
Sauerstoff	18,59
Stickstoff	2,76
Asche	1,70

Nach Regnault[1]) von Torf von

	Vulcaire	Long	Champ du feu
Kohlenstoff	57,03	58,09	57,79
Wasserstoff	5,63	5,93	6,11
Sauerstoff	29,67	31,37	30,77
Stickstoff	2,09	„	„
Asche	5,58	4,61	5,33

Nach Mulder[2]) von Torf aus

	Friesland (leichter)	Friesland (dichter)	Holland
Kohlenstoff	57,16	59,86	50,85
Wasserstoff	5,65	5,52	4,64
Sauerstoff	33,39	33,71	30,25
Asche	3,80	0,91	14,25

W. Baer[3]) untersuchte märkische Torfarten und fand

Kohlenstoff	51,54	50,13	50,36	53,69	55,01
Wasserstoff	4,69	5,36	4,20	4,84	4,63
Sauerstoff	33,90	35,24	34,27	31,73	31,44
Asche	9,37	9,87	11,17	9,74	8,92

Jaeckel[4]) fand in 100 Th. Torf, nämlich aus der Havelniederung bei Berlin und zwar Nr. 1 schwer, dicht, braun, mit wenig erkennbaren Pflanzenresten; Nr. 2 leicht, locker, rothbraun, fast nur aus solchen Pflanzenresten bestehend; Nr. 3 verfilztes Gewebe von Resten verschiedener Moose und Carexarten; ferner eine Probe Nr. 4 aus dem Moor von Linnum, und Nr. 5 aus dem Moor von Friesack; endlich ein bei Cassel Nr. 6 und ein bei Hamburg Nr. 7 vorkommender Torf:

	ungetrocknet		bei 100° getrocknet, nach Abzug der Asche		
Nr.	Asche	Wasser	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff
1	8,13	17,63	56,43	5,32	38,25
2	5,33	19,32	53,51	5,90	40,59
3	5,51	18,89	53,31	5,31	41,38
4	8,36	31,34	59,43	5,26	35,31
5	8,91	21,82	—	—	—
6	18,27	26,60	—	—	—
7	1,89	18,83	57,12	5,32	37,56

Der Wassergehalt von frischem Torf ist sehr beträchtlich; durch längeres Lagern kann er 45 Procent von seinem ursprünglichen Gewichte verlieren.

---

1) Regnault, Journ. f. prakt. Chemie XIII. p. 163. 167.
2) Mulder, Journ. f. prakt Chemie XVI. p. 246.
3) W. Baer, Archiv der Pharmacie (2) LVI. p. 159.
4) Jaeckel, Archiv der Pharmacie (2) LXX. p. 272.

Nehmen wir mit Th. Scheerer an, daß die organische Masse des Torfes als bestehend betrachtet werden kann aus

Kohlenstoff	60	Proc.
Wasserstoff	2	„
Wasser	38	„

so besteht die beste Sorte von lufttrocknem Torf aus

fester Torfmasse (incl. Asche)	75	Proc.
hygroskopischem Wasser	25	„

oder aus

Kohlenstoff	45,0	Proc.
Wasserstoff	1,5	„
chemischgebundenem Wasser	28,5	„
hygroskopischem Wasser	25,0	„

Die Zusammensetzung der Torfasche ergiebt sich aus folgenden Analysen. Charakteristisch ist der Gehalt an Phosphorsäure, welcher weit größer ist, als in der Holzasche.

J. v. Ferstl [1]) fand in der Asche von Torf von St. Wolfgang in Oberösterreich

Phosphorsäure	1,07
Schwefelsäure	2,59
Kieselsäure	45,56
Kohlensäure	10,08
Eisenoxyd	8,76
Thonerde	14,40
Kalk	15,32
Kali	0,56
Natron	0,65
Magnesia	1,37

Nach E. Wolff [2]) enthielten zwei Torfaschen aus der Mark:

Kalk	15,25	20,00
Thonerde	20,50	47,00
Eisenoxyd	5,50	7,50
Kieselerde	41,00	13,50
Phosphorsauren Kalk mit Gyps	3,10	2,60

§. 680.

Die Brauchbarkeit und der Werth einer Torfart ist von ihrem Gehalte an Wasser und mineralischen Bestandtheilen abhängig. Die theilweise Entwässerung geschieht:

[1]) J. v. Ferstl, Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanstalt 1853 Nr. 1. p. 151.

[2]) E. Wolff, Naturgesetzliche Grundlagen des Ackerbaues 1856. p. 462.

1) durch Trocknen an der Luft im Freien oder in Stadeln; der Torf enthält lufttrocken immer noch 25 Proc. hygroskopisches Wasser;

2) durch Darren bei einer Temperatur von 100 bis 120° C. Man wendet hierzu Darröfen oder Darrkammern an, welche entweder durch eine eigene Feuerung oder durch die verloren gegangene Hitze einer andern Feuerung geheizt werden. In dem Torfdarrofen auf der Hütte Königsbrunn in Württemberg trocknet man bei einer Temperatur, welche 100° nicht viel übersteigt, 11,500 Torfziegel, welche man auf einer von unten her erwärmten eisernen Platte aufschichtet. Die aus dem Torf entwickelten Wasserdämpfe gehen durch mehrere Oeffnungen am oberen Theile der Rückwand und von da in einen Raum, der durch eine von der Feuerung ausgehende, heberförmig gebogene eiserne Röhre stark erwärmt wird. Von hier aus gelangen die Dämpfe ins Freie. Durch mehrere Löcher in dem unteren Theile der Vorwand des Darraumes, dicht über der eisernen Bodenplatte, strömt trockne Luft ein. Es bedarf zum Darren der genannten Anzahl Torfziegel einer Zeit von 9 bis 10 Tagen, wobei der Torf 40 Proc. an Gewicht und beinahe 50 Proc. am Volumen verliert;

3) durch Pressen; die dadurch zu erzielenden Vortheile sind a) Verdichtung der Masse, mithin größerer pyrometrischer Wärmeeffect, b) vermindertes Volumen, daher bequemerer Transport, namentlich zu Wasser, wo die Transportkosten mehr dem Volumen als dem Gewicht nach berechnet werden; c) Entwässerung. In Bezug auf das Pressen des frischen Torfes hat die Erfahrung gezeigt, daß dasselbe nicht vortheilhaft ist, da sich durch das Pressen der Torf mit einer dichten, dem Wasser schwer durchdringlichen Rinde überzieht, welche das nachherige Austrocknen bedeutend erschwert.

§. 681.

In neuerer Zeit verdichtet man den Torf dadurch, daß man ihn in noch nassem Zustande zerquetscht oder mahlt, um seine ursprüngliche Structur zu zerstören und ihn in einen gleichförmigen Brei zu verwandeln, dessen Verdichtung weit leichter zu bewerkstelligen ist, als die von frischem und rohem Torf. Ein hierher gehöriges Verfahren ist von Challeton [1]) in Montauger bei Corbeil (Departement der Seine und Oise) eingeführt. Der gewöhnliche Torf kann wegen der vielen Flugasche zu gewissen technischen Zwecken als Brennmaterial keine Anwendung finden, Challetons verdichteter Torf (tourbe-Challeton) soll diesen Uebelstand nicht haben und sich ins-

---

[1]) M. Rühlmann, Mittheil. des Gewerbvereins für das Königreich Hannover, 1856 p. 146.

besondere als Feuermaterial bei Locomotiven und für hüttenmännische Zwecke, namentlich zur Erzeugung vortrefflichen Gußstahles eignen. Der verdichtete Torf ist außerordentlich fest und seine Schnittfläche fast metallisch glänzend; man erkennt durch sein Aeußeres nicht seinen Ursprung. L. Bargum [1]) fand für sein specifisches Gewicht 1,143, für den Wassergehalt 23,20 Proc., für den Aschengehalt im feuchten Zustand 7,39, im trocknen Zustand 9,63 Proc.; ferner, daß der verdichtete Torf, wenngleich er nicht, wie man hoffte, schon bei schlechtem Rohmaterial sich den Steinkohlen in seinem Heizeffect nähert, sich doch immer den übrigen Brennmaterialien würdig an die Seite stellen und ihnen Concurrenz bieten könne.

Auch in dem Haspelmoos, einem großen Torfmoore zwischen München und Augsburg, stellt man gepreßten Torf dar; diese Zubereitung hat den Zweck, zwei in jenem Moos vorwiegend sich findende Torfsorten, nämlich einen jungen hellbraunen, lockern Rasentorf und einen schweren, zu alten und deshalb beim Trocknen zerbröckelnden Torf, welche beide einzeln nicht anwendbar wären, zu mischen und auf diese Weise einen vorzüglichen, nach dem Trocknen sehr schweren und festen Torf zu gewinnen [2]).

§. 682.

Unter den vielen zum Pressen des Torfes empfohlenen Methoden scheint sich die von Gwynne u. Co. [3]) in England besonders bewährt zu haben. Nach einer Patentbeschreibung wird der aus den Mooren gewonnene Torf in eine Reihe von durchlöcherten Gefäßen geworfen und diese in eine große Centrifugalmaschine gestellt, wodurch der Torf so weit getrocknet wird, daß er zu Pulver zermahlen werden kann. Dieses Pulver geht alsdann durch eine Reihe von Cylindern, welche sich in einem erwärmten Raume umdrehen, wodurch die noch zurückgebliebene Feuchtigkeit verdampft und das Pulver zur Zusammenpressung auf den erforderlichen Grad erwärmt wird. Nachdem dieses letztere zwischen Platten bewirkt wurde, ist der Torf zur Benutzung fertig.

Nach einem anderen Patente wird der Torf in feuchtem oder nassem Zustande aus dem Moore gestochen oder gebaggert, dann durch eine Reihe von Preßwalzen gebracht, um die Feuchtigkeit möglichst zu entfernen. Nachdem der Torf an der Luft getrocknet worden ist, wird er durch einen, aus einer

[1]) L. Bargum, Polytechn. Centralblatt, 1856. p. 1262.

[2]) M. Meißner, Dingl. polytechn. Journ., CXXXVIII. p 65; Polytechn. Centralblatt, 1855. p. 1112.

[3]) Wagner's Jahresbericht, 1855. p. 467.

endlosen Kette mit Kästen bestehenden Elevator zu einem Trichter emporgehoben, welcher über eine Reihe von mit Dampf geheizten Cylindern angebracht ist, aus welchem er als ein vollkommen trocknes feines Pulver herauskommt. Der Torf gelangt dann mit einer Temperatur von 82° in den Rumpf einer Preßmaschine, bei welcher Temperatur sich die bituminösen oder theerigen Theile hinreichend entwickeln, um ein kräftiges Bindemittel zu bilden. Der erkaltete Torfziegel ist außerordentlich hart und dicht und hat nach Letheby ein specifisches Gewicht von 1,140 (ein engl. Kubikfuß des Gwynne-Torfes wiegt 71,24 Pfd., während 1 Kubikfuß Steinkohle von Newcastle nur 49,69 Pfd. wiegt). 100 Th. des Torfes enthalten

hygroskopisches Wasser	9 Th.	
flüchtige Stoffe	55 „	
Kohle	36 „	(mit 3,8 Th. Asche).

Dieser Torf ist vollkommen gleichartig, widersteht dem Zerbröckeln im Ofen und durch das Gebläse besser als Steinkohlen und Koks und scheint nicht nur für das Hüttenwesen, sondern auch für Kesselfeuerung, so wie für häusliche Zwecke ein vorzügliches Brennmaterial.

§. 683.

Die Brennbarkeit des Torfes ist wegen des in der Regel großen Aschen- und Wassergehaltes geringer als die des Holzes, dasselbe gilt von der Flammbarkeit. Der Wärmeeffect des Torfes ist annähernd folgender:

	Wärmeeffect absoluter	Wärmeeffect pyrometrischer
Nicht vollkommen lufttrockner Torf mit 30 Proc. hygroskopischem Wasser und 10 Proc. Asche	0,37	1575°
Lufttrockner Torf mit 25 Proc. hygroskopischem Wasser ohne Asche	0,47	1750°
Gedarrter Torf ohne hygroskopisches Wasser mit 15 Proc. Asche	0,55	1975°
Bester gedarrter Torf ohne hygroskopisches Wasser und ohne Asche	0,65	2000°

Nach Berthier[1]) gaben französische Torfsorten folgende Bleimengen:

Torf von Troyes	8	Th. Blei
„ „ Ham	12,3	„ „
„ „ Bassy	13,0	„ „
„ „ Framont	15,4	„ „

[1]) Berthier, Handbuch d. metallurg. analyt. Chemie, Bd. I. p. 258.

Nach Karmarsch sind ihrem absoluten Wärmeeffect nach

100 Kilogr. gelber	Torf	= 94,6	Kilogr. lufttrocknem	Fichtenholz,
„ „ brauner	„	= 107,6	„ „	„
„ „ Erdtorf		= 104,0	„ „	„
„ „ Pechtorf		= 110,7	„ „	„

100 Kubikmeter gelber	Torf	= 33,2	Kubikmeter	Fichtenholz.
„ „ brauner	„	= 89,7	„	„
„ „ Erdtorf	„	= 144,6	„	„
„ „ Pechtorf	„	= 184,3	„	„

Mit diesen Resultaten stimmen auch die von Brix erhaltenen überein. Karsten giebt an, daß bei Siedeprocessen

$2^1/_2$ Gewichtstheil Torf = 1 Gewichtstheil Steinkohle,
4 Volumen Torf = 1 Volumen Steinkohle.

§. 684.

Der Torf hat seit etwa 4 bis 5 Jahren eine neue Anwendung dadurch gefunden, daß man seine Producte der trocknen Destillation auf Leuchtmaterialien (Paraffin, Photogen, Solaröl) verarbeitet. Die Gewinnung des Paraffins aus irländischem Torf im Großen wurde schon 1849 von Reece [1]) versucht; fortgesetzte Versuche von Kane und Sullivan [2]) ergaben das Resultat, daß 1 Tonne Torf ungefähr 1,36 Kilogr. Paraffin, 9 Liter eines zur Beleuchtung geeigneten flüchtigen Oeles und 4,54 Liter eines fixen Oeles liefere, welches als Maschinenschmiere Anwendung finden könne.

Wagenmann [3]) erhielt bei der Destillation von festem dunkelbraunem Stechtorf (a) aus der Neumark (Aschengehalt 6,76 Proc.) und von braunem Baggertorf von fasrig moosiger Structur (b) ebenfalls aus der Neumark (Aschengehalt 5,49 Proc.) aus 100 Th.:

	a.	b.
Koks	27,70	25,77
ammoniakalisches Wasser	50,01	58,03
Theer	4,89	5,19
Gase und Dämpfe	17,40	11,11

---

1) Reece, Dingl. polytechn. Journal CXIII. p. 237. 317. CXIV. p. 57.
2) Kane und Sullivan, Wagner's Jahresbericht 1855. p. 417.
3) Wagenmann, ibid. p. 418.

100 Th. Theer gaben:

	a.	b.
Photogen	8,90	7,32
Solaröl	22,56	21,66
Paraffinhaltige Masse	39,73	46,03
Kohligen Rückstand	22,60	12,77
Verlust	6,21	12,22

Vohl [1]) erhielt aus 100 Th. lufttrocknem oldenburger und hannöverschem Stechtorfe:

Theer	9,06
ammoniakalisches Wasser	40,00
Koks	35,32
Gas und Verlust	15,62

Der Destillationsrückstand hatte die Form des Torfes beibehalten, nur war sein Volumen um $^1/_8$ geschwunden.

100 Th. Theer lieferten durchschnittlich:

Leichtes Oel (Photogen oder Torföl)	19,457	(spec. Gew. = 0,830)
Schweres Oel (Schmieröl)	19,547	(spec. Gew. = 0,870)
Asphalt	17,194	
Paraffin	3,316	
Kreosot und Verlust	40,486	

Demnach werden 100 Th. lufttrocknen Torfes ergeben an

leichtem Oel oder Turfol	1,763
Schmieröl	1,771
Asphalt	1,558
Paraffin	0,300
Koks	35,312
Wasser	40,000
Gas	15,625
Kreosot und Verlust	3,669

Wir müssen Angerstein [2]) völlig beistimmen, der darauf aufmerksam macht, daß sich im norddeutschen Flachlande große Strecken Torfmoore befinden, welche in Folge ihrer isolirten Lage bisher unbenutzt blieben, aber an Ort und Stelle errichteten Fabriken das wohlfeilste Material zur Darstellung von Photogen und Paraffin bieten würden.

---

1) Vohl, Wagner's Jahresbericht, 1856. p. 403.

2) Angerstein, Dingl. polytechn. Journ. CXXXVII. p. 465.

§. 685.
Torfkohle.

In vielen Gegenden Deutschlands steht die Verwendung des Torfes als Brennmaterial in keinem Verhältniß zu den vorhandenen Torflagern; große Strecken Torfmoore liegen fast unbenutzt oder werden doch nicht in einem solchen Umfange ausgebeutet, als die vorhandene Menge und die Wiedererzeugung des Torfes gestatten. Der Grund davon liegt in der Unbequemlichkeit, welche mit der Verwendung des Torfes verknüpft ist: sein Volumen ist im Vergleich zu seiner Heizkraft meist ein sehr großes, bei seiner Verbrennung erzeugen sich unangenehm riechende Producte, welche den Torf zur Zimmerheizung fast unbrauchbar machen. Man sucht daher den Torf dadurch zu verbessern, daß man ihn in Torfkohle verwandelt.

Die Zusammensetzung der Torfkohle ist wegen der schwankenden Zusammensetzung der Torfsorten eine sehr verschiedene. Nach Th. Scheerer läßt sich die Zusammensetzung der äußersten Glieder auf folgende Weise ausdrücken:

	Torfkohle, erste Qualität.	Torfkohle, schlechteste Qualität.
Kohlenstoff	86	34
hygroskopisches Wasser	10	10
Asche	4	56

Ueber den absoluten und specifischen Wärmeeffect der Torfkohle läßt sich nach den wenigen Daten, die vorliegen, keine sichere Angabe machen. Gewöhnliche Torfkohle kommt in ihrem specifischen Wärmeeffect dem der Holzkohle sehr nahe, im Uebrigen steht sie in den meisten Fällen bezüglich ihrer Brauchbarkeit hinter der Holzkohle zurück, weil sie wegen ihrer geringen Dichtigkeit und der großen Menge staubförmiger Asche kein intensives Feuer zu geben vermag. Der Benutzung in Schachtöfen steht ihre leichte Zerdrückbarkeit entgegen, indem sie sich leicht, namentlich in den tieferen Theilen des Schachtes, zu einer dichten Masse zusammenballt, welche der Gebläseluft den Durchgang erschwert und den Schmelzproceß in Unordnung bringt. Dagegen bedient man sich bei Herd-, Pfannen- und Kesselfeuerungen der Torfkohle mit vielem Erfolg. Die aus verdichtetem Challeton- oder Gwynne-Torf dargestellte Torfkohle hat eine so große Festigkeit und Dichtigkeit, daß dieselbe für den Metallurgen von sehr großer Wichtigkeit werden kann, wenn ihre Herstellung ohne zu große Kosten ausführbar ist.

§. 686.

Die Verkohlung des Torfes geschieht in Meilern oder in Oefen. Die **Meilerverkohlung** wird durch die rectanguläre Form der Torfziegel, welche beim Aufschichten die Zwischenräume zu vermeiden gestattet, die bei der Holzverkohlung so nachtheilig wirken, und die schwere Entzündlichkeit der Torfkohle, durch welche geringere Aufsicht erforderlich ist, erleichtert. Man giebt den Torfmeilern dieselbe Form wie den Holzmeilern und eine Größe, welche für 5000 bis 6000 Torfziegel genügt. Man setzt die Torfziegel auf der hohen Kante stehend in concentrischen Kreisen um den Quandelpfahl und spart dabei vier Zündgassen aus, die sich im Quandel rechtwinklig kreuzen. Sonst verfährt man, was das Decken, das Anstecken u. s. w. betrifft, genau so wie bei der Meilerverkohlung des Holzes. Die Ausbeute an Torfkohle richtet sich nach der Art des Torfes und dem Grade seiner Entwässerung, sie beträgt 25—35 Gewichts- und 30—50 Volumenprocente.

In Frankreich und auch an einigen Orten Deutschlands benutzt man **Oefen** zur Verkohlung des Torfes. **Angerstein** beschrieb einen auf einer Torfverkohlungsanstalt bei Paris angewendeten Ofen (Fig. 168, 169 und 170), welcher die Gestalt eines länglichen Vierecks von 20 Fuß Länge, 15 Fuß Breite und 10 Fuß Höhe hat. An einer jeden der kurzen Seiten führen zwei Oeffnungen a a zu zwei gewölbten Räumen, welche acht Fuß tief, vier Fuß breit und vier Fuß hoch sind. Im Scheitel eines jeden dieser

Fig. 168.

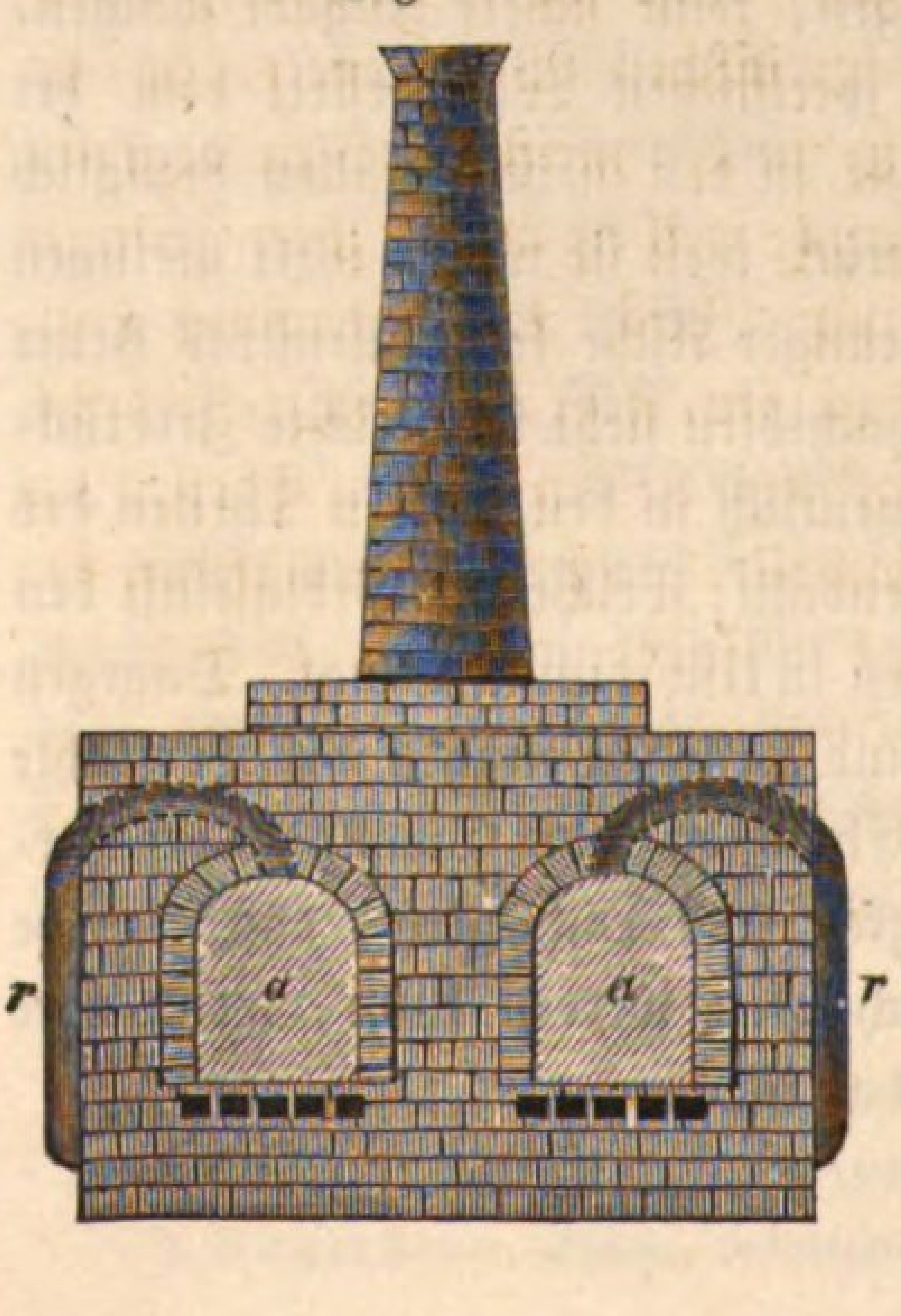


Fig. 169.

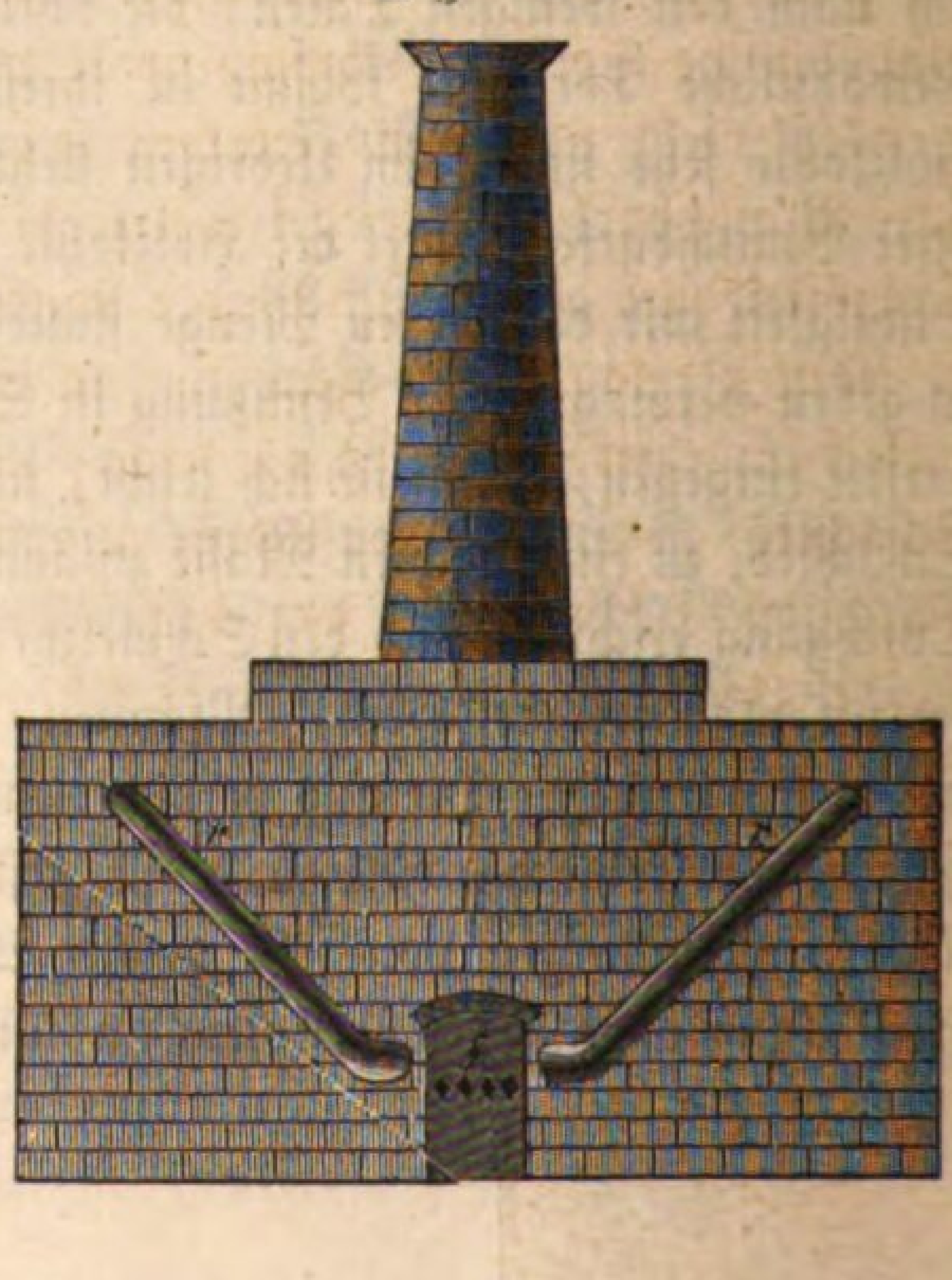
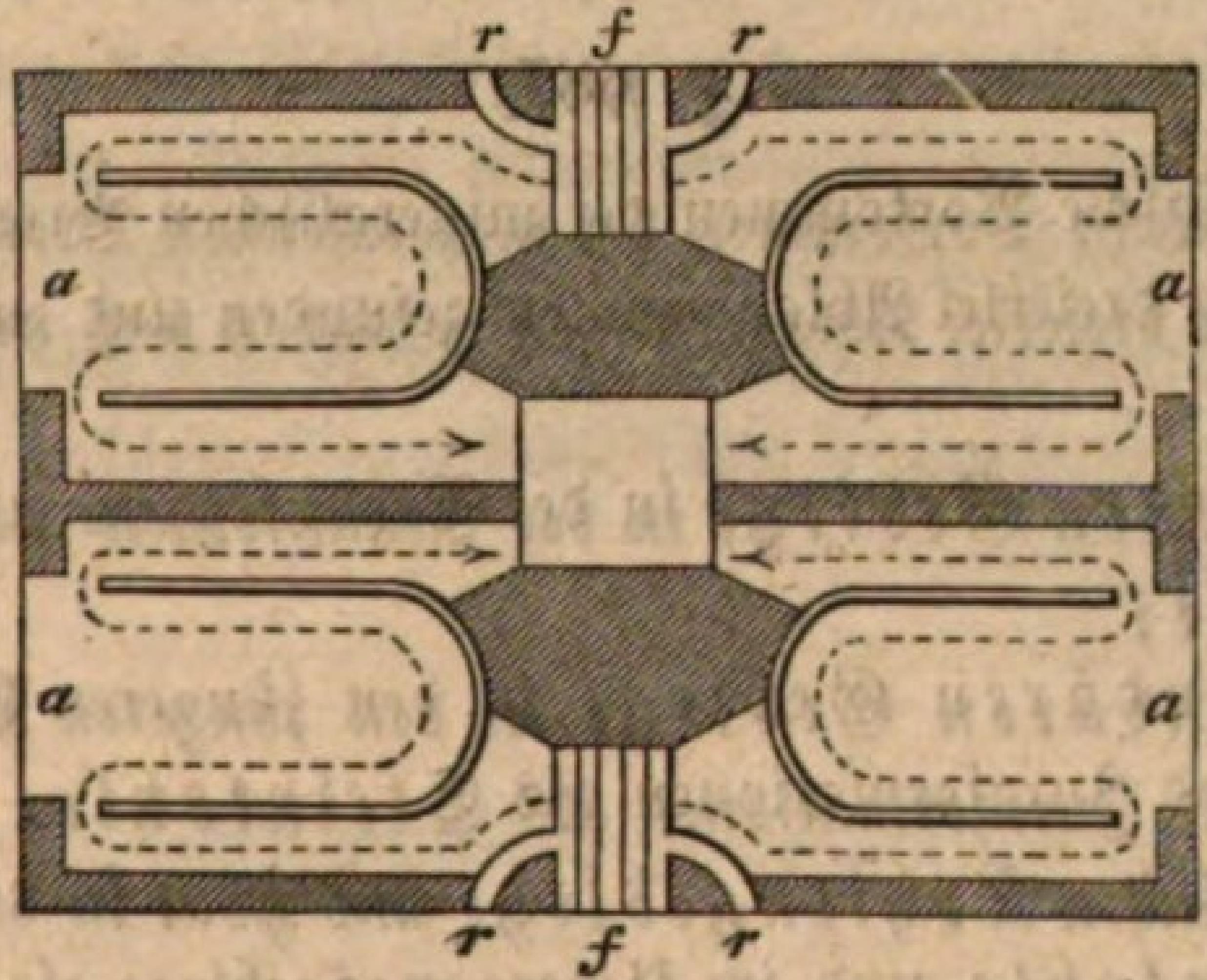


Fig. 170.



Räume ist ein Rohr von Eisenblech rr, 9 Zoll im Durchmesser, angebracht, welches seitlich in den Feuerraum f ausmündet und durch welches die bei der Verkohlung des Torfes entstehenden Gase und Dämpfe in das Feuer geleitet werden. In der Mitte an jeder der beiden langen Seiten befindet sich ein Feuerraum mit sechs Quadratfuß Rostfläche; von hier aus wird das Feuer durch angebrachte Züge so geleitet, daß es die gewölbten Räume von allen Seiten umgiebt, und zwar ein Feuer je zwei solcher Räume, wie durch die punktirten Punkte (Fig. 170) angedeutet ist. Im Mittelpunkte des Ofens befindet sich ein 25 Fuß hoher Schornstein. Bei der Verkohlung werden nun zunächst die gewölbten Räume ganz mit Torf angefüllt, darauf werden die Oeffnungen durch eiserne Thüren und Lehm verschlossen; nur in der Mitte der Thür bleibt eine kleine runde Oeffnung von einem Zoll Durchmesser. Das Feuer wird so lange unterhalten, bis durch das Blechrohr keine Dämpfe mehr entweichen, was gewöhnlich nach etwa vierzig Stunden erreicht ist. Die Torfkohle wird dann mittelst eiserner Haken in große, mit dichtschließendem Deckel versehene Kasten von Eisenblech gebracht, worin sie erkaltet. Den pulverigen Abfall besprengt man mit Lehmmasse und formt aus der Masse Kohlenziegel. Man erhält in diesen Verkohlungsöfen dem Volumen nach $^1/_3$, dem Gewicht nach $^1/_4$ an Torfkohle. Bei dieser Art der Verkohlung werden die Destillationsproducte nur als Brennmaterial benutzt; ohne Zweifel würde es lohnender sein, diese Nebenproducte auf Paraffin und Photogen zu verarbeiten.

Die Braunkohlen.

§. 687.

Das geognostische Vorkommen der mineralischen Brennstoffe betreffend, werden dieselben in dreierlei Ablagerungen gefunden und zwar von oben nach unten:

1) im tertiären Gebirge in der Braunkohlen- und Tegelformation als Braunkohle;

2) im secundären Gebirge in den jüngeren Kreide- und in den älteren Keuper- und Juraformationen als Steinkohle;

3) im eigentlichen Kohlengebirge und zwar in der Steinkohlenformation als Steinkohle und im Uebergangsgebirge als Anthracit.

Eben so wie der Torf ist die Braunkohle (charbon de terre, *brown coal*) ein durch nasse Vermoderung verändertes Holz, wobei jedoch der wesentliche Unterschied stattfindet, daß der Zersetzungsproceß bei der Braunkohle viel weiter vorgeschritten ist, als beim Torfe. Die Steinkohle ist länger noch als die Braunkohle diesem Zersetzungsproceß ausgesetzt gewesen. Das Charakteristische dieses Processes besteht darin, daß sich in der ersten Phase, in welcher sich der Torf und zum Theil auch die Braunkohle befindet, ein Theil des Kohlenstoffs der Cellulose mit einem großen Theil des Wasserstoffs und Sauerstoffs als Kohlensäure und Wasser austritt, wodurch ein kohlenstoffreiches Product — der Torf und die Braunkohle — zurückbleiben muß. In einer spätern Phase des Zersetzungsprocesses, bei der Entstehung der Steinkohle, bilden sich unter Mitwirkung einer höhern Temperatur Producte der trocknen Destillation, besonders Kohlenwasserstoffe (Grubengas, vielleicht auch Steinöl [1])). Berücksichtigt man allein die Eigenschaften, so läßt sich nicht wol eine Grenze zwischen Braunkohle und Steinkohle ziehen; nur das geognostische Vorkommen vermag Anhaltepunkte für die Bestimmung einer fossilen Kohlenart zu liefern. Es läßt sich in dieser Hinsicht allgemein sagen, daß jede fossile Kohle, welche jünger ist als Kreide und in Formationen über derselben vorkommt, Braunkohle zu nennen ist; jede Kohle, die in Formationen sich findet, welche älter sind als Kreide, ist als Steinkohle zu bezeichnen.

Da der Stickstoffgehalt der Steinkohlen im Allgemeinen weit größer ist als der der Braunkohlen, so läßt sich darauf eine Reaction gründen, durch welche man Steinkohle wol in den meisten Fällen leicht von Braunkohle

---

[1]) G. Bischof, Lehrbuch der chem. u. phys. Geologie, II. p. 1755.

unterscheiden kann. Letztere, in ihrer Zusammensetzung der Cellulose weit ähnlicher als die Steinkohle, liefert beim Erhitzen in einem Probirglase Dämpfe, die durch vorherrschenden Holzessig sauer reagiren, während bei gleicher Behandlung von Steinkohle, durch vorwaltendes Ammoniak und durch Ammoniakbasen (Anilin, Chinolin 2c.), ammoniakalisch reagirende Dämpfe gewonnen werden. — Nach einer andern Probe erhitzt man die zu untersuchende Kohle im fein gepulverten Zustande mit Kalilauge; Steinkohle läßt die Flüssigkeit farblos, Braunkohle färbt sie durch Bildung von humussaurem Kali braun.

§. 688.

Nach dem verschiedenen Zersetzungsgrade unterscheidet man mehrere Varietäten der Braunkohle:

1) das bituminöse Holz (Lignit) von dem Ansehen des Holzes, in dem nicht selten Stamm-, Ast- und Wurzelstücke deutlich erkennbar sind;

2) die gemeine Braunkohle bildet derbe spröde Massen von muschligem Bruche. Bei glänzendem Bruche nennt man sie Gagat;

3) die erdige Braunkohle oder Erdkohle ist, wie schon ihr Name andeutet, eine mit vielen erdigen Substanzen gemengte Braunkohle.

Sehr häufig findet sich in den Braunkohlen Schwefelkies (und zwar die rhombische Varietät als Strahl-, Speer- oder Vitriolkies). Ist in derselben die Menge der kiesigen und erdigen Bestandtheile überwiegend, so entsteht daraus die Alaunerde, mit welchem Namen auch ein mit Bitumen und Schwefelkies gemengter Thon bezeichnet wird; sie wird zur Gewinnung von Alaun, auch wol zur Darstellung von Eisenvitriol benutzt (Seite 437).

Der Aschengehalt der Braunkohlen ist ein sehr verschiedener. C. Kaiser [1]), welchem wir werthvolle Untersuchungen über die Braunkohlen des südlichen Bayerns verdanken, fand in bayerischen Braunkohlen folgende Aschenmengen:

Kohle von Lechbruck bei Füssen	10,0	Proc.
„ „ Stoffelberg bei Immenstadt	5,0	„
„ „ Staudach bei Kempten	5,0	„
„ „ Rosenheim	3,6—5,6	„
„ „ Burglengenfeld	14,0	„
„ „ Fürstenhof bei Amberg	20,0	„
„ „ Haselmühle bei Amberg	44,0	„

[1]) Kaiser, Bayerisches Kunst- und Gewerbeblatt, 1836, p. 280. 343. 611.

W. Casselmann[1]) fand in den Braunkohlen des Westerwaldes:

helle Lignite	1,00 bis 5,83	Proc. Asche
dunkle Lignite	1,74	„ „
Pseudolignite	1,38 bis 10,94	„ „
Conglomerate aus Ligniten und Pseudoligniten	8,79 bis 16,89	„ „
erdige Conglomerate	14,02 bis 45,58	„ „
Blätterkohle	11,01	„ „
verkohltes Holz	22,17	„ „

in den Braunkohlen von Burglengenfeld im Sauforst bei Regensburg:

hellen Lignit	1,00	Proc. Asche
dunklen Lignit	0,94	„ „
Conglomerat	8,17—8,95	„ „

Im Durchschnitt läßt sich der Aschengehalt der Braunkohlen zu 5 bis 10 Proc. annehmen. Die Asche besteht wesentlich aus Thonerde, Kieselerde, Kalk, Magnesia, Eisen- und Manganoxyd, enthält zuweilen auch Alkalien und Chlor und unterscheidet sich durch das Vorhandensein einer oft nicht unbedeutenden Schwefelsäuremenge und den Mangel an Phosphorsäure (Spuren davon ausgenommen) von der Torfasche.

§. 689.

Das hygroskopische Wasser kann bei frisch geförderten Kohlen bis zu 50 Proc. steigen, beträgt aber im lufttrocknen Zustande durchschnittlich 20 Proc., so daß, wenn man den allerdings sehr schwankenden Aschengehalt unberücksichtigt läßt, lufttrockne Braunkohle etwa zusammengesetzt ist aus

Kohle	48—56	Proc.
Wasserstoff	1— 2	„
chemisch gebundenem Wasser	31—32	„
hygroskopischem Wasser	20	„

Nach Abzug der Asche fand W. Casselmann in 100 Th. organischer Substanz der Braunkohlen:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Kohlenstoff	71,58	59,27	68,31	65,61	59,40	70,57	73,51	65,26	63,75
Wasserstoff	6,58	5,98	5,72	4,81	5,32	7,60	4,21	5,63	5,86
Sauerstoff u. Stickstoff	21,84	34,75	5,74	29,58	35,28	21,83	22,28	28,11	29,45

Westerwaldkohlen: 1. heller Lignit; 2. dunkler Lignit; 3. Pseudo-

---

[1]) W. Casselmann, Ann. der Chemie und Pharm., LXXXIX. p. 41. 181. 376; Journal für prakt. Chemie, LXI. p. 475; LXII. p. 127.

lignit; 4. Conglomerat; 5. erdiges Conglomerat; 6. Blätterkohle; 7. verkohltes Holz; Sauforstkohle: 8. heller Lignit; 9. dunkler Lignit [1]).

Das specifische Gewicht der lufttrocknen Braunkohlen schwankt zwischen 1,1 und 1,85 für die Lignite, 1,25 und 1,276 für die erdigen Braunkohlen.

§. 690.

Die Brennbarkeit der Braunkohle ist geringer, als die des Holzes, ihre Flammbarkeit steht zwischen der des Holzes und der Steinkohle. Nach Th. Scheerer [2]) geben die Braunkohlen folgenden Wärmeeffect:

Braunkohlenarten	Wärmeeffect Absol.	Specif.	Pyrom.
Lufttr. fasrige Braunk. mit 20% hygrosk. Wasser u. ohne Asche	0,48	0,55	1800
" " " " 20% " " " 10% "	0,43	—	—
" erdige " " 20% " " " ohne "	0,61	0,79	1975
" " " " 20% " " " 10% "	0,55	—	—
" muschlige " " 20% " " " ohne "	0,69	0,83	2050
" " " " 20% " " " 10% "	0,62	—	—
Gedarrte fasrige " " 20% " " " ohne "	0,61	—	2025
" " " " 20% " " " 10% "	0,55	—	—
" erdige " " 20% " " " ohne "	0,76	—	2125
" " " " 20% " " " 10% "	0,69	—	—
" muschlige " " 20% " " " ohne "	0,85	—	2200
" " " " 20% " " " 10% "	0,76	—	—

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß lufttrockne Braunkohlen gedarrtes Holz an absolutem und pyrometrischem Wärmeeffect und an specifischem Wärmeeffect das beste Holz um mehr als das Doppelte übertreffen.

Nach Berthier reduciren 1 Gewichtstheil lufttrockne Braunkohlen:

von Fuarch	(12 Proc. Asche)	18,2	Gewichtsth. Blei
von Val Bineau	(6,5 " ")	19,25	" "
von Fuveau	(11 " ")	21,0	" "
von Gardanne	(15,2 " ")	22,0	" "
von Martin de Vaud	(11 " ")	22,6	" "

[1]) Fernere Elementaranalysen von Braunkohlen aus den verschiedensten Gegenden Deutschlands sind u. a. angestellt worden von Kühnert, Ann. der Chemie und Pharm., XXXVII. p. 97; W. Baer, Archiv d. Pharmacie (2) LXVI. p. 263; (2) LXVII. p. 277; F. Bischoff, Dingl. polytechn. Journal CXVI. p. 103.

[2]) Th. Scheerer, Lehrbuch der Metallurgie, Bd. I. p. 187.

§. 691.

Die Anwendbarkeit der Braunkohle ist beschränkter als die der Steinkohle, da sie für solche Zwecke, für welche die backenden Steinkohlen besonders brauchbar sind, nicht benutzt werden kann. Die Braunkohlen sind besonders zu Rostfeuerungen, z. B. in chemischen Fabriken und Salinen, so wie als Heizmaterial für Stubenöfen brauchbar. Die erdige Varietät läßt sich indessen oft nur dann zur directen Feuerung benutzen, wenn sie zuvor eingesümpft und in Formen, gleich den Ziegeln, gestrichen und getrocknet worden. Die Praxis hat gezeigt, daß frisch geförderte Braunkohlen den gelagerten vorzuziehen sind, indem letztere, selbst bei Abwesenheit von Schwefelkies, bei längerem Lagern unter dem Einflusse der Luft und der Feuchtigkeit eine langsame Verbrennung erleiden, wodurch sie an Brennkraft einbüßen.

Eine neue und sehr wichtige Anwendung haben die Braunkohlen dadurch gefunden, daß man sie der trocknen Destillation unterwirft und auf Paraffin und Photogen (Mineralöl) verarbeitet. Wagenmann [1]) erhielt aus 100 Th. märkischen (a und b) und sächsischen (c) Braunkohlen und Blätterkohle:

	Leichtes Oel (Photogen)	Schweres Oel (Solaröl)	Paraffinmasse (etwa 33 Proc. Paraffin enthaltend)
Braunkohle (a)	0,480	2,710	1,700
Braunkohle (b)	0,366	1,565	1,585
Braunkohle (c)	0,810	3,940	3,910
Blätterkohle	8,169	1,590	12,870

Aehnliche Untersuchungen sind in neuester Zeit auch von Fresenius [2]) mit den Braunkohlen des Westerwaldes, von Vohl [3]) mit der thüringischen Braunkohle u. a. angestellt worden.

§. 692.

Koks aus Braunkohle.

Die Braunkohlen eignen sich unter allen Brennmaterialien am allerwenigsten zum Verkohlen oder Verkoken, weil sie während des Verkohlens oder kurze Zeit nachher nach ihren Jahresringen und Absonderungen sich

---

[1]) Wagenmann, Dingl. polytechn. Journal CXXXIX. p. 293; Wagner's Jahresbericht 1855 p. 420.

[2]) Fresenius, Wagner's Jahresbericht 1855 p. 423.

[3]) Vohl, Wagner's Jahresbericht 1856 p. 401.

trennen und einen bröcklichen Koks geben. So lange man daher kein Bindemittel für die zerbröckelten Koks ausfindig macht, wird das Verkohlen der Braunkohlen keinen Eingang finden. Ob der Vorschlag Roscher's, die frisch geförderten unverwitterten Braunkohlen lufttrocken zu machen und sie darauf einer sehr langsamen Verkohlung in verschlossenen Gefäßen zu unterwerfen, in der That das spätere Zerbröckeln verhindert, muß vor der Hand dahingestellt bleiben.

Kaiser in München erhielt von 100 Gewichtstheilen bayerischer Braunkohlen an Koks:

Braunkohle von Füssen	63,5	Proc.
„ „ Immenstadt	54,3	„
„ „ Sonthofen	39,0	„
„ „ Kempten	50,9	„
„ „ Weiler	54,0	„
„ „ Rosenheim	51,7	„
„ „ Amberg	58,5	„

W. Casselmann von Braunkohlen des Westerwaldes:

heller Lignit	39,82 –53,99	Proc.
dunkler Lignit	37,79	„
Pseudolignit	47,39—65,92	„
Conglomerat aus Ligniten und Pseudoligniten	49,66—57,95	„
Erdige Conglomerate	50,30—56,11	„
Verkohltes Holz	72,21	„

Von Braunkohlen aus dem Sauforst bei Regensburg:

heller Lignit	46,22	Proc.
dunkler Lignit	49,87	„
Conglomerat	46,09—50,43	„

Die Steinkohlen.

§. 693.

Die Steinkohle oder Schwarzkohle (houille, *black coal, coal*) ist nächst dem Eisen das wichtigste aller Mineralien, die der Bergmann aus der Tiefe zu Tage fördert. Als die Erde noch jung war, bedeckten Wälder den größten Theil ihrer Oberfläche. Der Mensch brauchte blos Baumzweige abzubrechen, um das Feuer zu unterhalten. Die Production des Holzes stand aber in keinem Verhältniß zu der Consumtion, daher sehen wir auch mit der

Zunahme der Bevölkerung die Wälder sich lichten. Die am längsten civilisirten Völker haben die wenigsten Wälder. Glücklicherweise hat die Natur schon lange vor Erschaffung der Menschen unermeßliche Vorräthe von Brennmaterial in den Steinkohlenlagern zurückgelegt, gleich als ob sie vorausgesehen hätte, daß der Mensch, wenn er einmal in den Besitz der Erde getreten, mehr Brennmaterial verbrauchen würde, als sie wieder erzeugen kann.

Ueber die unermeßliche Wichtigkeit der Steinkohlen ist kein Wort zu verlieren. Sehen wir nicht vor unseren Augen, daß der höhere Aufschwung der Gewerbthätigkeit ganzer Provinzen an das Auffinden von Steinkohlenflötzen geknüpft ist? Was wäre die englische Industrie ohne jene schwarzen Steine, die der Engländer sehr treffend „das schwarze Gold" nennt! Die Steinkohlen sind die Seele der heutigen Industrie!

§. 694.

Die Steinkohlen sind mumisirte und verkohlte Ueberreste einer längst untergegangenen Flora, deren hundertfältig über einander gepreßte Stämme gegenwärtig regelmäßige, oft viele Quadratmeilen ausgedehnte Gebirgsschichten bilden. Daß die Steinkohlen und Anthracite in der That als vorweltliche Pflanzenmassen zu deuten sind, wird gegenwärtig von Niemand mehr bezweifelt. Abgesehen von den in den Steinkohlenflötzen sich häufig findenden Pflanzenabdrücken und überhaupt vegetabilischen Formen, läßt sich von der Holzfaser zum Torfe und bituminösen Holze, durch die verschiedenen Varietäten bis zu dem ausgebildetsten Anthracit nach allen Eigenschaften eine stetige und ununterbrochene Reihe verfolgen, durch welche die vegetabilische Torfmasse mit dem steinartigen Anthracit in einen so innigen Zusammenhang gebracht wird, daß auch der letzte Zweifel an der phytogenen Natur der Steinkohle schwinden muß.

Ueber den Proceß, welcher bei der Steinkohlenbildung stattfand, existiren mehrere Ansichten [1]). Die einfachste Ansicht ist wol die, daß ein sehr langsamer, durch die Erdwärme unterstützter und durch den Druck der aufliegenden Gebirgsschichten modificirter Zersetzungsproceß, welcher auf eine immer reinere Darstellung des Kohlenstoffs hinarbeitete, die Hauptrolle gespielt hat. Daher ist der vollendetste Anthracit fast reiner Kohlenstoff, während die verschiedenen Varietäten der Steinkohle noch um so mehr bituminöse und flüchtige Substanzen enthalten, je weniger weit ihre Zersetzung fortgeschritten ist.

---

[1]) Vergl. Bronn, Geschichte der Natur Bd. II. p. 628; Naumann, Lehrbuch der Geognosie Bd. II. p. 474; G. Bischof, Lehrbuch der chemischen und physikal. Geologie Bd. II. p. 1755.

Der Wasserstoff und Sauerstoff entweicht mit Kohlenstoff verbunden als Kohlenwasserstoffgas (Grubengas, Methylwasserstoff), als Steinöl und als Kohlensäure. Der Anthracit in seiner vollendetsten Form ist als dasjenige Product zu betrachten, in welchem der Zersetzungsproceß, durch welchen Braun- und Steinkohle sich bilden, sein Ende erreicht hat.

Die allmälige Heranbildung der Cellulose zu Steinkohle und Anthracit läßt sich am besten aus der Vergleichung der Zusammensetzung dieser Stoffe mit ihren Zwischengliedern ersehen:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Cellulose	52,65	5,25	42,10
Torf von Vulcaire	60,44	5,96	33,60
Lignit	66,96	5,27	27,76
Erdige Braunkohle	74,20	5,89	19,90
Steinkohle (secundäres Gebirge)	76,18	5,64	18,07
Steinkohle (Kohlenformation)	90,50	5,05	4,40
Anthracit	92,85	3,96	3,19

§. 695.

Ueber die Art und Weise, wie die Steinkohlenflötze gebildet worden sind, hat man verschiedene Ansichten ausgesprochen, welche jedoch im Wesentlichen auf zwei Theorien zurückgeführt werden können. Man kann diese beiden Theorien als

1) die der Anschwemmung und
2) die des Wachsthums an Ort und Stelle

bezeichnen.

Neuere geologische Untersuchungen haben gezeigt, daß man keiner dieser Theorien unbedingt den Vorzug geben dürfe, indem beide in gleichem Maße Berechtigung haben. Wenn es gleich zugegeben werden muß, daß in den meisten Fällen den Steinkohlenflötzen das Material an Ort und Stelle geliefert wurde, so fehlt es doch auch nicht an zahlreichen Beispielen, daß auch durch Zusammenschwemmen von Pflanzenmassen Steinkohlenablagerungen entstanden sind.

Daß noch heutzutage große Massen von Pflanzenstämmen durch Fluthen fortgeführt und nebst den Massen, welche die Kohlenflötze gegenwärtig einschließen, an anderen Orten abgelagert werden, ist eine bekannte Thatsache. Da nun die Ströme einer vorhistorischen Zeit häufig eine ähnliche und wol größere Wirksamkeit bethätigt haben mögen, so ist die Möglichkeit nicht in Abrede zu stellen, daß auch damals, namentlich an den Strommündungen, sich mächtige Ablagerungen von Baumstämmen bildeten, die später unter

Sand und Schlamm begraben, zur Entstehung von Steinkohlenflötzen Veranlassung gaben. Wie es zu erwarten war, zeigen auch alle Flötze, die man als aus Treibholzschichten entstanden betrachten kann, keine große Regelmäßigkeit ihrer Ausdehnung und keine constante Mächtigkeit.

Für die meisten Steinkohlenflötze, wie besonders für diejenigen, welche stetig über große Räume ausgedehnt sind, dabei eine gleichmäßige, aber nicht zu große Mächtigkeit haben, ist die zweite Theorie anzunehmen, nach welcher das Material zu ihrer Bildung durch eine Vegetation *in situ* geliefert worden ist. Nur darf man sich nicht denken, es seien eigentliche Urwälder gewesen, die an Ort und Stelle durch das Gewicht der aufgeschwemmten Massen zusammengepreßt und in Steinkohle verwandelt wurden. Im Allgemeinen trug die Flora der Zeit der carbonischen Formation das Gepräge einer Sumpf-, Morast- und Strandvegetation, allerdings in erstaunlicher Fülle und Reichhaltigkeit bei gigantischen Formen; die vorwaltenden Formen dieser Flora (Calamiten, Lepidodendra, Sigillarien) geben der Vermuthung Raum, daß die Ausbildung jener Schichten vorweltlicher Pflanzenmassen große Aehnlichkeit mit der Bildung der jetzigen Torfmoore habe. Nach dieser Ansicht sind die meisten Steinkohlenflötze als vorhistorische Torfmoore zu betrachten.

Die Steinkohle bildet in der Regel stetig fortsetzende Schichten oder Lager, die sogenannten Kohlenflötze, welche in größeren oder kleineren Intervallen zwischen den Sandstein- und Schieferthonschichten, aus denen die kohleführenden Etagen der Steinkohlenformation wesentlich bestehen, auftreten. Die Mächtigkeit der Flötze ist sehr verschieden, von einem Zoll bis zu zehn, zwanzig und mehreren Fuß; die ganz schmalen Kohlenschichten, welche auch gewöhnlich nicht weit fortsetzen, werden als Kohlenschmitzen, Säume oder Lagen von den eigentlichen Flötzen unterschieden.

§. 696.

Unter den accessorischen Bestandtheilen der Steinkohlen ist vor Allem der Schwefelkies, welcher entweder als eigentlicher tesseraler Schwefelkies oder als rhombischer Strahl- oder Vitriolkies eine zwar gewöhnliche, aber unliebe Beimengung derselben bildet, indem er durch seinen Schwefelgehalt die Kohle zu gewissen Feuerungszwecken untauglich macht, theils durch seine Vitriolescirung die Kohle auflockert und zersprengt, sogar Selbstentzündungen der Flötze und Lager verursachen kann. Nächst dem Schwefelkies erscheinen nicht selten Bleiglanz, Kupferkies und Zinkblende. Alle diese Sulfurete sind wol aus den entsprechenden Sulfaten entstanden, welche, in Wasser gelöst, die Steinkohlenflötze durchdrangen und durch die Einwirkung der organischen Substanz reducirt wurden. Von erdigen Mineralien sind

besonders Kalkspath, Braunspath, Gyps, Baryt, Schieferthon und der thonige Sphärosiderit, eines der wichtigsten Mineralien der carbonischen Formation, zu erwähnen.

§. 697.

Man unterscheidet die Steinkohle oder Schwarzkohle in allen ihren Varietäten von dem Anthracit dadurch, daß sie leicht entzündlich ist und mit heller Flamme, mit starkem Rauche und einem auffallenden Geruche verbrennt. Wodurch sich die Steinkohle von der Braunkohle unterscheiden läßt, ist §. 687 angegeben worden. Von den Steinkohlenvarietäten unterscheidet man besonders:

1) Glanzkohle von muschligem Bruche, gewöhnlich mit schiefrigen Längenabsonderungen, welche von vielen Querabsonderungen rechtwinklig durchsetzt werden; auf den glatten Absonderungsflächen ist sie stark glänzend, von metallartigem, seltener von wachsähnlichem Glanze;

2) Schieferkohle (Blätterkohle) hat ihren Namen von dem mehr oder weniger deutlichen Blättergefüge, somit von der schiefrigen Structur, welche die Massen zeigen; sie ist grau- oder sammtschwarz und von Fettglanz;

3) Cannelkohle (houille de Kilkenny, *cannel* oder *candle coal*), ohne Spur von Blättergefüge oder überhaupt Schichtstructur; sie besitzt pechartigen Glanz und vollkommen muschligen Bruch, hat große Aehnlichkeit mit der muschligen Braunkohle (Pechkohle). Ihr Name rührt von der hellen Flamme her, mit welcher sie brennt; die ärmeren Volksklassen in Lancashire verrichten beim Scheine derselben ihre häuslichen Geschäfte, nun heißt *candle* Kerze, daher Cannelkohle, Kerzenkohle;

4) Grobkohle, dickschiefrig abgesondert, auf den Absonderungsflächen wenig glänzend, auf dem Bruche schimmernd, von wachsartigem Glanze;

5) Rußkohle, Bruch uneben und erdig, Farbe dunkel eisenschwarz und aus staubartigen, lose verbundenen Theilen bestehend;

6) Faserkohle (mineralische Holzkohle, faseriger Anthracit) findet sich in allen Steinkohlenflötzen als Begleiter der gewöhnlichen Steinkohle; sie ist nach Göppert und Schimper als verkohltes Coniferenholz zu betrachten, dessen Fragmente mit in die anderen Pflanzenmassen hineingerathen sind.

§. 698.

In technischer Hinsicht theilt man die Steinkohlen nach Karsten nach ihrem Verhalten im Feuer ein in:

1) Backkohlen, deren Pulver, in einem Tiegel erhitzt, schmilzt und zu einer gleichförmigen Masse zusammenbackt;

2) Sinterkohlen, deren Pulver nur zu einer festen Masse sich vereinigt, ohne eigentlich zu schmelzen;

3) Sandkohlen, wenn das Pulver keinen Zusammenhang bekommt.

Leplay classificirt die Steinkohlen auf folgende Weise:

1) trockne Kohlen (houille seche), welche langsam verbrennen und gefrittete Koks geben;

2) Schmiedekohlen (houille maréchale), deren Stücke zusammenbacken und aufgeblähte Koks geben;

3) fette Kohlen (houille grasse), welche eine lange Flamme geben;

4) magere Kohlen (houille maigre), welche sehr flammen, ohne zusammenzubacken.

Wenn wir die Eintheilung von Karsten beibehalten, so zeigt die elementare Zusammensetzung, verglichen mit ihrem chemischen und physikalischen Verhalten, daß die Backkohlen entweder ein aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehendes Bitumen enthalten, oder, was wahrscheinlicher ist, daß eine solche Verbindung bei höherer Temperatur aus ihnen sich bilde; daß die in den Sinterkohlen vorhandene größere Sauerstoffmenge die Quantität dieses Bitumens verringert, aber seine Bildung nicht verhindert. Bei den Sandkohlen bildet sich dieses Bitumen in noch geringerer Menge.

Betrachten wir nun in Folgendem die technisch wichtigen Varietäten der Steinkohle, den Anthracit, die Backkohle, die Sinterkohle und die Sandkohle einzeln.

§. 699.

Der Anthracit oder die Kohlenblende ist, wie schon erwähnt, als dasjenige Product des Zersetzungsprocesses, durch welchen überhaupt Steinkohlen gebildet werden, zu betrachten, in welchem jener Proceß sein eigentliches Ziel und Ende erreicht hat. Die Normalvarietät des Anthracits wird durch eine ununterbrochene Reihe von Zwischengliedern mit den eigentlichen Steinkohlen in Verbindung gebracht. Eine genaue Grenze läßt sich zwischen dem Anthracit und der Steinkohle gar nicht angeben und es können sogar die verschiedenen Regionen eines und desselben Flötzes theils als Backkohle, theils als Sandkohle oder Sinterkohle, theils als Anthracit ausgebildet sein, je nachdem die der Entmischung günstigen Bedingungen durch die localen Verhältnisse, vielleicht auch durch die ursprüngliche Beschaffenheit der Pflanzenmasse geboten waren. Der Anthracit findet sich im Uebergangsgebirge vorzugsweise zwischen den Schichten des Thonschiefers und der Grau-

wacke, sowie zwischen Glimmerschiefer und auf solchen Gängen, welche jene Formation durchsetzen. Der Anthracit ist ein völlig unkrystallinischer Körper, wodurch er sich vom Graphit unterscheidet.

Regnault [1]) fand in dem Anthracit:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Asche.
aus Pensylvanien	90,45	2,43	2,45	4,67
„ Wallis	92,56	3,33	2,53	1,58
„ Mayenne	91,98	3,92	3,16	0,94
„ Herzogenrath	91,45	4,18	2,12	2,25
„ Macot	71,49	0,92	1,12	26,47

Jacquelain [2]) erhielt bei der Analyse folgender Anthracite nachstehende Resultate:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Asche.
aus Swansea	90,58	3,60	3,81	0,29	1,72
„ Sablé	87,22	2,49	1,08	2,31	6,90
„ Vizille	94,09	1,85	„	2,85	1,90
„ d. Isère-Dep.	94,00	1,49	„	0,58	4,00

Man hat die Brauchbarkeit des Anthracits als Brennmaterial lange Zeit verkannt. Er läßt sich indessen bei zweckmäßiger Behandlung, besonders bei kräftigem Gebläse, vortheilhaft auf manchfache Weise benutzen. Man wendet ihn gegenwärtig häufig, theils für sich, theils in Verbindung mit Koks, zum Eisenschmelzen an, so z. B. in Schottland und England. Wegen seiner großen Dichtigkeit erfordert er starke Windpressung, erhitzte Gebläseluft, so wie eine ganz allmälige Erwärmung bis zu der Temperatur, bei welcher er verbrennen kann. Bei plötzlichem Erhitzen zerspringt er und verwandelt sich in Staub. In Swansea und in Pensylvanien wendet man den Anthracit als Reductionsmittel der Eisenerze in Hohöfen (Anthracithohöfen) an. Man benutzt außerdem den Anthracit beim Kalkbrennen, Ziegelbrennen, in Salinen, selbst für häusliche Zwecke als Brennmaterial.

§. 700.

Die Backkohle, Sinter- und Sandkohle.

Die Backkohle (houille grasse ou collante, houille à coke boursouflé, *caking-coal*) ist außer ihrem Verhalten im Feuer (§. 698) durch dunkelschwarze Farbe und leichte Entzündlichkeit charakterisirt. Der Kohlenstoffgehalt wechselt von 50 bis 86 Proc. Der Wasserstoff waltet bedeutend

[1]) Regnault, Annal. de mines (3) XII. p. 208.

[2]) Jacquelain, Annal. de chim. et de physique LXXIV. p. 200.

über den Sauerstoff vor. Sie eignen sich besonders zur Leuchtgasfabrikation (Gaskohle). Wegen ihres großen Wasserstoffgehaltes lassen sie sich leichter entzünden als die übrigen beiden Steinkohlensorten und geben aus diesem Grunde die längste Flamme. Sehr stark backende Kohlen eignen sich für sich allein für Flammenfeuer nicht, weil sie in Folge ihres starken Aufblähens den Rost verstopfen und dadurch den Luftzug hindern, und weil sie wol eine schnelle, aber keine anhaltende Hitze geben. Dagegen ist Backkohle besonders gut anwendbar zum Schmieden des Eisens (Schmiedekohlen, charbon de forge, houille maréchale, *smith coal;* vergl. §. 291 Seite 292), weil sie während des Brennens zu einer Masse zusammensintert, durch welche die Gebläseluft zusammengehalten, der Wärmeeffect gesteigert und an Brennmaterial gespart wird.

Die Sinterkohle (houille maigre, houille à coke fritté ou coagulé) hat eine mehr ins Eisengrau gehende Farbe; Oberfläche und Bruch sind oft sehr glänzend. Sie ist weit schwieriger entzündlich als die Backkohle und enthält sehr häufig viel Schwefelkies; sie eignet sich ganz vorzüglich zur Entwicklung von schneller und zugleich anhaltender Hitze und paßt deshalb für den Flammen- und Schachtofenbetrieb, für Tiegelschmelzungen, unter Kesselfeuerungen u. s. w.

Die Sandkohle (houille sèche, houille à coke pulvérulent ou incohérent) ist die geringste Kohlensorte; sie ist sehr sauerstoffreich, schwindet stark beim Verkoken und hinterläßt einen aus kleinen Stücken bestehenden Kok. Sie wird vorzugsweise in Fällen angewendet, wo es sich weniger um die Art des Feuers, als um möglichste Billigkeit handelt, wie beim Ziegel- und Kalkbrennen.

§. 701.

Regnault[1]) fand bei der Analyse der vorstehenden drei Hauptarten der Steinkohle folgende Resultate:

Art der Kohle.	Fundort.	Formation.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Sandkohle.	1. S. Girons	Obere Kreide	76,05	5,96	18,26
	2. St. Colombe	Dieselbe	76,09	5,84	18,07
	3. Blanzy	Kohlenformat.	78,26	5,35	16,39
	4. Norov	Keuper.	78,32	5,38	16,30
Sinterkohle.	5. Commentry	Kohlenformat.	82,92	5,30	11,78
	6. Epinac	Dieselbe	83,22	5,23	11,55
	7. Céral	Untere Oolith	84,56	5,32	10,12

[1]) Regnault, Annal. de mines XII. p. 208.

Art der Kohle.		Fundort.	Formation.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Backkohle.	8.	Rive de Gier	Kohlenformat.	84,89	5,75	9,36
	9.	Derselbe	"	85,08	5,46	9,46
	10.	Lancashire	"	85,81	5,85	8,34
	11.	Rive de Gier	"	86,30	5,27	8,43
	12.	Mons	"	86,49	5,40	8,11
	13.	Lavaysse	"	86,56	5,56	7,88
	14.	Mons	"	87,07	5,63	7,30
	15.	Rive de Gier	"	87,45	5,77	6,78
	16.	Derselbe	"	89,04	5,23	5,73
	17.	Derselbe	"	89,07	4,93	6,00
	18.	New-Castle	"	89,19	5,31	5,56
	19.	Obernkirchen	Obere Jura	90,40	4,88	4,72
	20.	Rive de Gier	Kohlenformat.	90,53	5,05	4,42
	21.	Alais	Dieselbe	90,55	4,92	4,53

L. Brückner [1]) fand in bei 100° C. getrockneten Zwickauer Kohlen:

	Rußkohle vom Bürgerschacht.	Pechkohle vom Bürgerschacht.	Pechkohle vom Auroraschacht.
Kohlenstoff	82,10	80,00	73,85
Wasserstoff	5,34	5,50	4,70
Stickstoff	0,65	0,88	0,60
Schwefel	0,37	0,40	0,48
Asche	1,09	1,68	6,27
Sauerstoff	10,45	11,54	14,10

W. Heintz erhielt folgende Resultate:

Art der Kohle.	Fundort.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Asche.
sich stark aufblähend, aber nicht zusammenbackend	Löbejün bei Halle	81,88	3,68	3,65	10,79
Sinterkohle	Oberschlesien	73,20	4,93	19,11	2,76

Nimmt man den hygroskopischen Wassergehalt der Steinkohlen zu 5 Proc. und ihren durchschnittlichen Gehalt an Asche ebenfalls zu 5 Proc. an, so ergiebt sich für die mittlere Zusammensetzung der Steinkohlen:

	Kohle.	Wasserstoff.	Chem. gebund. u. hygr. Wasser.	Asche.
Sandkohle	69	3	23	5
Sinterkohle	75	4	16	5
Backkohle	78	4	13	5

[1]) L. Brückner, Journ. f. prakt. Chemie LIII. p. 424.

Die Steinkohlenasche hat die qualitative Zusammensetzung der Braunkohlenasche und besteht wesentlich aus Thonerdesilikat oder aus Gyps und Schwefeleisen, außerdem auch noch aus Kalk und Magnesia an Kohlensäure gebunden, Eisen- und Manganoxyd, so wie aus geringen Mengen von Chlor und Spuren von Jod. Die Aschenmenge variirt zwischen 0,5 und 20 bis gegen 30 Proc.[1])

§. 702.

Der verschiedene Grad der Brennbarkeit der Steinkohlen ist schon angegeben worden, Backkohlen entzünden sich leichter als Sinterkohlen, diese leichter als Sandkohlen; Anthracit entzündet sich am schwierigsten. Damit die entzündeten Steinkohlen fortbrennen, ist es nothwendig, daß entweder größere Quantitäten angezündet oder dabei besondere Zugvorrichtungen, wie Esse, Rost ꝛc., angewendet werden. Die Flammbarkeit der Steinkohlen ist gleichfalls eine sehr verschiedene. Die Sandkohlen, so wie die Anthracite können nur in größeren Mengen und durch einen starken Luftstrom zum Entflammen gebracht werden. Das specifische Gewicht der Steinkohlenvarietäten ist durchschnittlich bei 8,73 Proc. mittlerem Aschengehalt = 1,33. Das niedrigste gefundene specifische Gewicht beträgt 1,20, das höchste nahe 2 (bei einem fast 30 Proc. betragenden Aschengehalte).

Der Wärmeeffect von Steinkohlen von mittlerer Zusammensetzung, ihr specifisches Gewicht und ihre Zusammensetzung sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Steinkohlenart.	Zusammensetzung					Wärmeeffect			1 Th. reducirt Blei.	1 Th. erwärmt Wasser von 0—100° C.	Specifisches Gewicht.
	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Chem. geb. Wasser.	Hygroſk. Wasser.	Asche.	absoluter	specifischer	pyrometrischer			
Anthracit	85	3	2	5	5	0,96	1,44	2350°	26—33	60,5—74,7	1,41
Backkohle	78	4	8	5	5	0,93	1,17	2300°	23—31	52,8—72	1,13—1,26
Sinterkohle	75	4	11	5	5	0,89	1,16	2250°	19—27	44 —61,6	1,13—1,30
Sandkohle	69	3	18	5	5	0,79	1,06	2200°	21—31	50 —71	1,05—1,34

---

[1]) Richardson hat die Asche einer Steinkohle, welche in Kelso in Schottland benutzt wird, mit folgenden merkwürdigen Resultaten analysirt:

Titansäure	7,01	Eisenoxyd	26,99

In der Praxis [1]) nimmt man an, daß das Heizvermögen einer guten Steinkohle dem der Holzkohle nahe komme und das des trocknen Holzes um das Doppelte übertreffe. Bei Schmelzprocessen verhält sich die Heizkraft von Steinkohlen zu Holz dem Volumen nach wie 5 : 1, dem Gewichte nach wie 15 : 8. Nach den Versuchen von Karsten sind in Flammenöfen in der Wirkung

100 Volumen Steinkohle = 700 Volumen Holz
100 Gewichtsth. „ = 260 Gewichtsth. „

bei Siedeprocessen

100 Volumen Steinkohlen = 400 Volumen Holz = 400 Volumen Torf
100 Gewichtsth. „ = 160 Gewichtsth. „ = 250 Gewichtsth. „

Nach der bekannten Untersuchung von Brix [2]) ergeben sich als Nutzeffect von 48 Steinkohlensorten, ausgedrückt durch die Wassermenge, welche von 0 bis 112° C. erwärmt und in Dampf verwandelt wird, folgende Mittelzahlen, wenn die Kohlen zur Verdampfung von Wasser unter einem auf möglichste Ausnutzung des Brennmaterials berechneten Dampfkessel verbrannt werden:

für 1 Pfund trockne Kohle	für 1 Pfund der brennbaren Theile (d. h. ohne Asche)	für 1 Pfund bei mittlerem Wassergehalt von 3 Proc.
7,72	8,43	7,27.

Der so erhaltene Nutzeffect beträgt etwa 60 Proc. von der Gesammtwärmeentwicklung, welche sich aus der chemischen Zusammensetzung der Steinkohle berechnen läßt.

§. 703.

Die in der herkömmlichen Weise angestellten Analysen von Brennmaterialien liefern zwar vortreffliche Anhaltepunkte zur Bestimmung des theoretischen Nutzeffectes, können aber keineswegs genügen, den praktischen Werth, gegenüber einem bestimmten praktischen Zwecke, festzustellen, indem sie gewisse, an sich unwesentliche Eigenschaften oder Momente unberücksichtigt lassen, welche nichts desto weniger bei der Anwendung vom größten Einfluß

Kieselsäure	1,84	Nickeloxyd	1,38
Schwefelsäure	21,20	Zinkoxyd	2,03
Chlor	9,57	Magnesia	1,01
Cadmiumoxyd	1,42	Kali und Natron	25,21

Liebig's Jahresbericht für 1847—48. p. 1120.

[1]) Kerl, Handbuch der metallurgischen Hüttenkunde Bd. I. p. 116.

[2]) Brix, Mittheil. des Hannov. Gew.-Ver. 1853. p. 211; Polytechn. Centralblatt 1854. p. 177.

sind. In diesem Sinne haben de la Beche u. Playfair[1]) eine Untersuchung über den Werth von Steinkohlen angestellt, welcher zusammengesetzt ist a) aus der Verdampfungskraft, d. h. aus der Dampfmenge, die ein bestimmtes Gewicht Brennmaterial in einer gegebenen Zeit zu liefern vermag, b) aus dem Raume, welchen dieses Gewicht beim Transport im Schiffraum einnimmt, und c) aus der Abnutzung beim Transport (Cohäsion). Da die Versuche nur mit britischen Kohlen angestellt wurden, so sei auf die Abhandlung verwiesen, welche eben so wie die neuere von Brix Arbeiten sind, welche späteren Untersuchungen als Muster dienen können.

§. 704.

Anhang.

Vorkommen der Steinkohlen in den verschiedenen Ländern.

Deutschland.

Bayern besitzt in der Rheinpfalz ein kleines, aber werthvolles Stück des reichen Saar-Bassins, ferner am Fuße der bayerischen Alpen die westliche Fortsetzung des österreichischen Braunkohlengebirges, worin viele und gute Flötze abgelagert sind. Die Gewinnung hat hier zwar eine gewisse Ausdehnung erlangt, aber sie ist einer weit größeren Entwickelung fähig. Bayern förderte an Stein- und Braunkohlen:

im Jahre 1854/55 4,420,381 Zollcentner
im Jahre 1855/56 4,424,358 „

Sachsen hat zwei altbekannte und benutzte Kohlenbassins bei Zwickau und im Plauen'schen Grunde. Das erstere hat in dem letzten Jahrzehnt eine außerordentliche Entwicklung erhalten; die Aufschlüsse, welche bisher gemacht worden sind, stellen hier eine großartige Gewinnung in Aussicht.

Nach Geinitz wurden in Zwickau an Steinkohlen gefördert:

1810	120,000 Zollcentner.	1840	1,560,000 Zollcentner.
1820	130,000 „	1849	6,600,000 „
1830	330,000 „	1854	14,600,000 „

Die Gesammtproduction an Steinkohlen im Königreich Sachsen betrug im Jahre 1853 17,783,706 Zollcentner.

---

[1]) De la Beche und Playfair, Dingl. polytechn. Journal CX. p. 212. 263; CXIV. p. 345. Eine Vergleichung der amerikanischen Kohlen mit den britischen Kohlen hat Johnson (*Proceedings of the americ. association held at Cambridge* 1849. p. 221) zusammengestellt. Die Wiener Akademie der Wissenschaften hat eine Untersuchung der Stein- und Braunkohlen der österreichischen Monarchie ausführen lassen, welche sich in Plan und Ausführung genau an die von de la Beche und Playfair anschließt (Wiener Akad. Berichte 1849. Novbr. u. Decbr. p. 240).

Preußen besitzt bedeutende Schätze an Steinkohlen, so in Ober- und Niederschlesien, im Saalkreis zu Löbejün bei Halle, bei Saarbrücken, Eschweiler und Aachen und vor Allem an der Ruhr. Das Ruhr-Kohlenbassin ist das reichste Kohlenbassin auf dem Continente von Europa; durch die Auffindung dieses Bassins und die zweckmäßige Ausbeutung desselben hat der preußische Staat „eine Provinz erobert, er fand ein neues Westphalen unter dem Boden des alten und reicher als die Oberfläche mit ihren gesegneten Kornfluren." Das oberschlesische Kohlenbassin ist ebenfalls sehr reich, darf sich aber dem Ruhrbassin nicht gleichstellen. Der preußische Antheil des Saar-Kohlenbassins, bis jetzt noch bei weitem wichtiger als der bayerische und französische Antheil desselben, ist zwar von erheblicher Wichtigkeit, kann sich aber an Reichthum und leichter Zugänglichkeit für die technische Benutzung mit dem Ruhr-Kohlenbassin nicht messen.

Die gesammte Kohlenproduction betrug in Preußen im Jahre 1854 auf

392 Steinkohlenwerken	25,000,000	Zollcentner.
384 Braunkohlenwerken	136,250,000	„

Hannover, Lippe-Schaumburg in Gemeinschaft mit Kurhessen beuten eine Steinkohlenformation zwischen dem Jura und der Kreidegruppe aus. Die Gewinnung derselben hat sich in neuester Zeit sehr erweitert und man stellt Zweigbahnen her, um die Gruben mit der Hauptbahn zu verbinden.

Hannover besitzt Steinkohlenflötze im Deister, Süntel, Osterwald und um Osnabrück, deren jährliche Ausbeute etwa 500,000 Centner beträgt. Die zwischen Schaumburg und Kurhessen gemeinschaftlichen Oberkirchener Bergwerke liefern jährlich 1,000,000 Centner Steinkohlen.

Württemberg. Eigentliche Steinkohlen sind daselbst noch nicht aufgefunden worden, obgleich das Vorhandensein mehrerer Glieder des Kohlengebirges am Schwarzwalde unzweifelhaft nachgewiesen ist und zu vermuthen steht, daß auch die Steinkohlen in größerer Entfernung von dem Ausgehenden nicht fehlen werden.

§. 705.

Oesterreich.

Die Provinzen Oesterreichs liefern, so viel bis jetzt bekannt ist, mit Ausnahme Böhmens und des südlichen Ungarns, weit mehr Braunkohle als Steinkohle. Am reichsten an Steinkohlen ist der westliche Theil von Böhmen, in welchem man, abgesehen von kleineren Becken, drei Haupt-Steinkohlenbecken unterscheiden kann, nämlich

a) das Kohlenbecken von Rakonitz,

b) das Kohlenbecken von Radnitz,

c) „ „ von Pilsen.

Durch die gegenwärtig (1858) im Bau begriffene Bahn von Prag nach Nürnberg und die nach den Kohlenrevieren abgehende Zweigbahn ist den Radnitzer und Pilsener Kohlen der bayerische Markt gesichert.

Im Jahre 1850 betrug die Production an Steinkohlen und Braunkohlen in Oesterreich:

Oesterreich unter der Ens	1,382,250	Ctr.	Küstenland	75,881	Ctr.
Oesterreich ob der Ens	256,850	„	Tyrol	76,512	„
Steiermark	871,444	„	Böhmen	7,455,532	„
Kärnten und Krain	851,674	„	Mähren und Schlesien	3,121,196	„
Galizien	35,588	„	Ungarn	700,649	„
Dalmatien	105,561	„	Lombardei	218,188	„
Venedig	127,809	„			

Zusammen 14,279,134 Ctr. Im Jahre 1853 betrug die Gesammtproduction bereits 50,500,000 Ctr. Die Production und die Consumtion der Steinkohlen in der österreichischen Gesammtmonarchie und namentlich in Böhmen ist in den letzten Jahren in ein neues Stadium getreten. Während z. B. im Jahre 1849 blos ein einziges Eisenwerk Steinkohlen aus den Radnitzer Gruben im Betrage von 50,000 Ctr. verwendete, wurden im Jahre 1852 an vier Eisenwerke und eine Glashütte 400,000 Ctr. abgegeben und auch diese Quantität hatte sich bis zum folgenden Jahre fast verdoppelt.

Bei der Anlage der österreichischen Eisenbahnen wurden bekanntlich die allgemeinen Staatszwecke und militärische Rücksichten vorangestellt, die industriellen Interessen dagegen auffallend vernachlässigt. So blieben alle wichtigen Kohlenreviere, welche zufällig nicht an der großen Eisenbahnlinie von Bodenbach nach Triest liegen, von der Wohlthat einer erleichterten Communication ausgeschlossen. Die Folgen dieses Uebelstandes sind in der jüngsten Zeit grell an den Tag getreten. Die wichtigsten und reichsten Kohlenbergwerke sehen sich ohne Markt. Es ist sicher befremdlich, daß preußisch-schlesische Kohlen mit Gewinn nach Wien verkauft werden können; noch unglaublicher muß aber der Verbrauch schlesischer und sächsischer Kohle in dem Reichenberger Industriedistricte, nahe an den unerschöpflichen böhmischen Kohlenflötzen erscheinen!

Nach den Ausweisen der Nordbahn gelangten im Jahre 1851 nach Wien an Mineralkohlen:

aus Mähren	191,300	Ctr.	Steinkohle.	145,897	Ctr.	Braunkohle.
„ Schlesien	589,961	„	„	39,563	„	Koks.
„ Preußen	118,873	„	„	866	„	Koks.

§. 706.
Frankreich.

Frankreich ist mit Steinkohlen reichlich gesegnet, man nimmt an, daß 1/200 der ganzen Bodenfläche auf Steinkohle ruhe. Die bedeutendsten Kohlenlager sind:

a) das der Loire (St. Etienne und Rive de Gier) von etwa 6 Meilen Länge und 620 Lachter Breite, deren Flötze mitunter über 16 und 20, an einigen Stellen bis 32 Fuß Mächtigkeit haben;
b) das Lager von Valenciennes, welches offenbar eine Fortsetzung der belgischen Steinkohlenablagerung ist;
c) das Lager von Creusot und Blanzy (Saône et Loire);
d) das Lager von Aubin (Aveyron);
e) das Lager von Alais (Gard);
f) das Lager an der Grenze von Preußen bei Saarbrücken.

Die erste Erwähnung des Gebrauches von Steinkohlen in Frankreich findet sich im Jahre 1520, wo eine ärztliche Untersuchung über ihre Unschädlichkeit stattfand. Heinrich VI. befreite die Steinkohlen vom Bergzehnt und unter Ludwig XIV. wurde jedem Grundbesitzer erlaubt, die Steinkohlen in seinen Ländereien ohne königliche Erlaubniß zu gewinnen. Dies wurde unter Ludwig XV. aufgehoben und das Regal wieder hergestellt. Napoleon I. sprach möglichste Vereinigung des unterirdischen Eigenthums aus und erklärte die Bearbeitung der Kohlengruben für unabhängig vom Besitze des oberen Bodens. Bis zum Jahre 1787 hat man über die Kohlenproduction Frankreichs keine statistischen Data. Von da bis auf die neuere Zeit zeigt folgende Uebersicht die Zunahme der Gewinnung:

1787	4,300,000	Ctr.	Steinkohle.
1802	16,880,000	„	„
1811	15,460,000	„	„
1820	21,860,000	„	„
1830	37,260,000	„	„
1837	59,600,000	„	„
1852	98,078,518	„	„

§. 707.
Belgien.

Nächst Großbritannien hat kein Land so viel Steinkohlen als Belgien; die steinkohlenführenden Districte nehmen etwa 1/30 von dem Gesammtareal des Landes ein. Die wichtigsten Vorkommen der Steinkohle sind folgende:

a) das Lager von Lüttich;
b) das Lager von Charleroi;
c) das Lager von Mons.

Es ist unzweifelhaft, daß die Kohlenablagerungen Englands in östlicher Forterstreckung mit denen von Valenciennes, sodann mit den belgischen Becken und dem Ruhr-Kohlenbassin zu einem, nur stellenweise unterbrochenen Ganzen gehören.

Die Ausbeutung der belgischen Steinkohlenlager scheint ins zwölfte Jahrhundert zu fallen, so wird von Lüttich berichtet, daß dort das erste Kohlenlager von Hullos de Plennevaux im Jahre 1198 geöffnet worden sei — von ihm soll die französische Benennung houille abstammen.

Gegenwärtig sind in Belgien gegen 300 Gruben im Betrieb: 69 bei Mons, 85 bei Charleroi, 38 in der Provinz Namür, 88 bei Lüttich, 24 bei Huy, welche im Jahre 1853 143,431,000 Ctr. Steinkohlen förderten.

§. 708.

Großbritannien.

Die Kohlenformation bedeckt in England, Schottland und Irland eine Fläche von 12,000 engl. Quadratmeilen oder $^1/_{10}$ des Gesammtareals des Landes. Auf die einzelnen Kohlendistricte vertheilt sich die Fläche wie folgt [1]:

	Größe in engl. Acres [2])	Zahl der Kohlenflötze	Mächtigkeit der Flötze
1. Northumberland- und Durham-District . . .	500,000	18	80 Fuß
2. Cumberland, Westmoreland und Westriding von Yorkshire . . .	99,000	7	— „
3. Lancashire, Flintshire und North Staffordshire:			
Lancashire Kohlenfeld . . .	380,000	75	150 „
Flintshire . . .	120,000	5	39 „
North Staffordshire . . .	40,000	24	38 „
4. Großes Yorkshire Kohlenfeld . . .	650,000	12	32 „
5. Shropshire und Worcestershire . . .	80,000	17	— „
6. South Staffordshire Kohlenfeld . . .	65,000	11	67 „
7. Warwick und Leicestershire . . .	80,000	14	63 „
8. Somerset und Glocestershire:			
Bristol Kohlenfeld . . .	130,000	50	90 „
9. Südwales Kohlenfeld . . .	600,000	30	100 „
10. Schottische Kohlenfelder:			
Clyde und Lanarkshire . . .	1,000,000	84	200 „
Mid-Lothian . . .	—	24	94 „
East-Lothian . . .	—	60	180 „
Kilmarnock und Aireshire . . .	—	3	40 „
Fifeshire . . .	—	—	21 „
Dumfries . . .	45,000	10	55 „
11. Irländische Kohlenfelder:			
Ulster . . .	500,000	9	40 „
Connaught . . .	200,000	—	— „
Leinster, Kilkenny . . .	150,000	8	23 „
Munster . . .	1,000,000	—	— „

[1]) Londoner Ausstellungs-Bericht, Berlin 1852. Bd. I. p. 219.

[2]) 1 Acre = 1,19 bayerischen Tagewerken = 1,58 preuß. Morgen = 0,404 Hektare.

Die Steinkohlengruben Englands werden seit dem 13. Jahrhundert ausgebeutet; König Heinrich III. ertheilte den Bewohnern von Newcastle im Jahre 1259 einen Freibrief, der sie berechtigte, „Steinkohlen zu graben".

Die gesammte Kohlenproduction betrug in Großbritannien im Jahre 1854 auf 2397 Werken 64,661,401 Tonnen oder 1313,971,397 Zollcentner.

§. 709.

Koks.

Unter Koks (Coke, Coaks, coke, *coke*) versteht man die durch Verkohlung der Steinkohle dargestellte Kohle, welche, je nachdem Back-, Sinterkohle oder Sandkohle zu ihrer Darstellung gedient hatte, als Backkoks, Sinter- und Sandkoks unterschieden werden. Mit dem Namen Gaskoks bezeichnet man die bei der Bereitung des Leuchtgases aus Steinkohlen in den Retorten zurückbleibenden Koks.

Das Verkoken (carbonisation de la houille, *carbonisation of coal*), sehr häufig, obgleich fälschlich, Abschwefeln (désoufrage) genannt, hat zum Zweck:

1) den Kohlenstoffgehalt zu vergrößern, um mit den Koks eine höhere Temperatur als mit den Steinkohlen hervorbringen zu können,

2) die während des Brennens, namentlich zum häuslichen Gebrauch, unangenehmen, riechenden Bestandtheile zu entfernen,

3) den Steinkohlen die Eigenschaft zu benehmen, in der Hitze teigig zu werden, wodurch, besonders bei der Anwendung in Schachtöfen, die Gebläseluft durchzudringen verhindert wird,

4) einen Theil des Schwefels des in den Steinkohlen häufig enthaltenen Schwefelkieses zu entfernen.

§. 710.

Die Darstellung der Koks beruht einfach auf einer Verkohlung der Steinkohle, ähnlich der Verkohlung des Holzes, wobei alle flüchtigen Theile entweichen, der größte Theil der Kohle aber, nebst den in der Steinkohle enthalten gewesenen Aschebestandtheilen und einem Theil des Schwefels zurückbleibt. Die Verschiedenheiten in dem chemischen Vorgange der Steinkohlenverkohlung und der Holzverkohlung haben ihren Grund theils in der verschiedenen Zusammensetzung beider Brennstoffe, namentlich in dem Stickstoff- und Schwefelgehalt der Steinkohlen, in den Zersetzungsproducten, welche bei den Steinkohlen zum Theil anders zusammengesetzt sind als beim Holz, und endlich in der zur Verkohlung erforderlichen Temperatur, welche bei der

Verkokung weit höher ist als bei der Holzverkohlung. Die Producte der Destillation der Steinkohlen sind Gase, Flüssigkeiten und feste Körper, wie man aus folgender Tabelle ersieht:

Gase.	Flüssigkeiten.
Oelbildendes Gas CH.	Zweifach-Schwefelkohlenstoff CS_2.
Propylen oder Tritrylen C_6H_6.	Anilin $C_{12}H_7N$.
Butylen oder Tetrylen C_8H_8.	Leukol (Chinolin) $C_{18}H_9N$.
Gruben- oder Sumpfgas (Methylwasserstoff) C_2H_4.	Picolin $C_{12}H_7N$.
	Phenylige Säure $C_{12}H_6O_2$.
Kohlenoxydgas CO.	Benzol $C_{12}H_6$.
Kohlensäuregas CO_2.	Toluol $C_{14}H_8$.
Wasserstoffgas H.	Xylol $C_{16}H_{10}$.
Schwefelwasserstoffgas SH.	Cumol $C_{18}H_{12}$.
Einfach-Schwefelkohlenstoffgas SC.	Cymol $C_{20}H_{14}$.
Cyan C_2N.	Paraffinhaltiges Oel.
Schwefelcyan C_2NS_2.	Wasser.
Ammoniak NH_3.	

Feste Stoffe.

Paraffin.	Paranaphtalin.
Naphtalin.	Pyren und Chrysen.

§. 711.

Die Ausbeute an Koks ist sehr von der bei der Verkokung angewendeten Temperatur abhängig. Der hierbei zwischen schneller und langsamer Verkohlung stattfindende Unterschied beläuft sich nach Karsten auf 4 bis 6 Procent. Auch die Zusammensetzung der Steinkohle ist auf die Quantität der erhaltenen Koks von großem Einfluß; ihr verschiedener Kohlenstoff, ihr Aschengehalt, das Verhältniß des Wasserstoffs zum Sauerstoff u. s. w. bewirken, daß selbst gleichnamige Steinkohlen eine sehr verschiedene Koksausbeute geben.

Nach Karsten geben:

100 Gewichtstheile Steinkohle von	Koks.	Asche.	Reine Kohle.
Backkohlen:			
Stollenflötz zu Hultschin (Ober-Schlesien)	86,9	2,1	84,8
Gnade-Gottes-Grube (Nieder-Schlesien)	66,8	4,65	62,15
Combin. Abendröthe „	75,0	4,9	70,1
Duttweiler (Saarbrücken)	64,0	0,15	63,85
Wellesweiler „	65,6	1	64,6
Wettin (Saalkreis)	78	10,8	67,2

100 Gewichtstheile Steinkohle von	Koks.	Asche.	Reine Kohle.
Backkohlen:			
Wettin (Saalkreis)	81,1	24,4	56,7
" "	77,5	5,1	72,4
Fornagelflötz (Eschweiler)	80	1,3	78,7
Hüttenbank (Westphalen)	86,3	1,0	85,3
Kennelkohle (England)	61,5	5,5	56
Newcastle "	68,5	0,85	67,65
Potschappel (Sachsen)	68,7	27,7	41
Anzin (Frankreich)	75	3,5	71,5
Creuzot "	68,8	3,4	65,4
Sinterkohlen:			
Königin Louise (Ober-Schlesien)	67,0	1,2	65
Frischauf (Nieder-Schlesien)	78,8	23,4	55,4
Gerhardgrube (Saarbrücken)	58,5	1,6	56,9
Planitz (Sachsen)	64,5	1,1	63,4
Sandkohlen:			
Charlotte (Ober-Schlesien)	67,5	2,42	65,08
Laura (Nieder-Schlesien)	73,5	2,4	71,1
Geislautern (Saarbrücken)	62,1	3,9	58,2
Kennelkohle (England)	69,8	13,3	56,5
Anthracitartige Sinterkohlen:			
Löbejün (bei Halle)	89,1	9,1	80
" " "	90	20	70
Sperling (Westphalen)	85,5	3,5	82
Hamburg "	89,1	0,9	88,2
Mons (Belgien)	88	2,5	85,5
Anthracitartige Sandkohlen:			
Löbejün (bei Halle)	92	7	85
Hundsrocken (Westphalen)	92,8	0,6	92,2

§. 712.

Das Verkoken der Steinkohlen geschieht entweder in Oefen, in Haufen oder in Meilern. Beim Verkoken in Oefen beabsichtigt man in der Regel, die sich gasförmig entwickelnden Producte aufzufangen, wie bei der Leuchtgasbereitung. Die Steinkohlengasanstalten sind, ökonomisch betrachtet, bei dem gegenwärtigen Stande der Dinge Verkokungsanstalten, welche mehr durch den Verkauf von Koks bestehen und das Gas eigentlich als Nebenproduct verwerthen. Backende Kohlen geben im Allgemeinen die

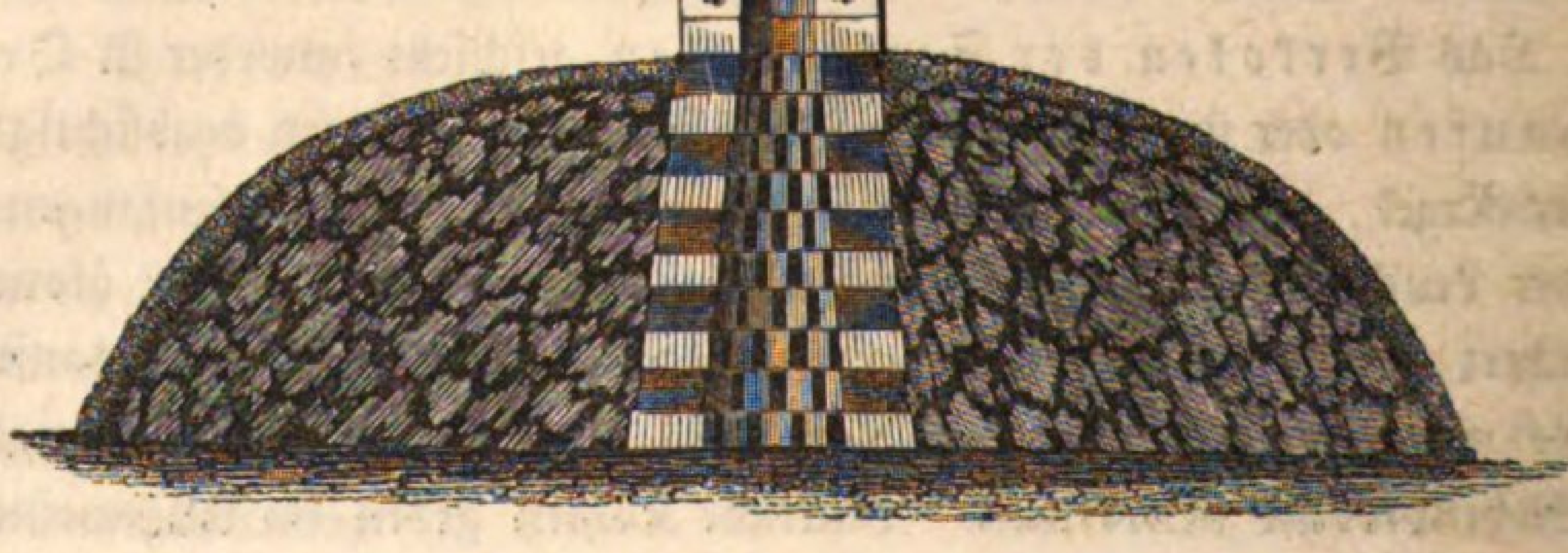
besten Koks, weil sie gehörig zusammenhängende größere Stücke beim Verkoken liefern; die Sinterkohlen, noch mehr die Sandkohlen geben kleine zerstückelte Koks und können aus diesem Grunde oft gar nicht verkokt werden. Für gewisse Zwecke, so für den Hohofenbetrieb, können indessen keine Koks von sehr backenden Kohlen gebraucht werden, weil diese zu stark aufgeblähte, leicht zertrümmernde Koks liefern, die namentlich in hohen Schachtöfen, mit schweren Erzen geschichtet, so sehr zerkleinert werden, daß sie das Durchdringen des Windes verhindern und den Verbrennungsproceß hindern. Im Allgemeinen eignen sich zum Verkoken diejenigen Steinkohlen, welche in der Mitte stehen zwischen Back- und Sinterkohlen. Sandkohlen sind in der Regel zum Verkoken schon wegen ihrer starken Zerklüftung nicht sehr anwendbar. Weil die Steinkohle zum Verkohlen eine weit höhere Temperatur erfordert, als das Holz, weil die Koks ferner meist das Volumen behalten, welches die Steinkohlen hatten, bei Backkohlen sogar noch an Volumen zunehmen, demnach den Uebelstand des Schwindens nicht besitzen, welcher das Verkohlen des Holzes erschwert, und weil die Koks nicht so verbrennlich sind als die Holzkohlen, so ist die Operation des Verkokens weit leichter zu leiten als die der Holzverkohlung, da stärkerer Luftzutritt einen geringeren Verlust nach sich zieht, als beim Holze. Sinter- und Sandkohlen machen sogar einen stärkeren Luftzutritt nothwendig, um das Feuer zu unterhalten.

§. 713.

Meilerverkokung.

Die Meilerverkokung ist der Meilerverkohlung sehr ähnlich. Man mauert auf der geebneten Kohlenmeilerstätte eine etwa 3—4½ Fuß hohe Esse auf, welche dem später errichteten Meiler als Quandelschacht dient. Diese Esse hat einen Durchmesser von 1 Fuß und ist mit mehreren Reihen Zuglöchern b, b (Fig. 171) versehen, durch welche der Canal mit der Koh-

Fig. 171.



lenmasse in Verbindung bleibt. Der obere Theil der Esse a hat keine Zuglöcher. Durch einen auf der Essenmündung liegenden eisernen Deckel kann der Luftzug sofort unterbrochen werden. Die größeren Steinkohlenstücke (Wände) legt man rings um die Esse, die kleineren nach der Peripherie zu, wodurch der Meiler sich abrundet. Die Zwischenräume der größeren Stücke werden mit Steinkohlenklein (Cinder) ausgefüllt; die Oberfläche des Meilers auch mit letzterem bedeckt. An der Sohle des Meilers bildet man von der Peripherie nach der Esse führende Züge oder Luftcanäle. Ein Meiler von 18 bis 20 Fuß Durchmesser erhält 6—8 Luftcanäle. Auf die Sohle des Essenschachtes wirft man trockne Holzspäne und zündet sie von oben an.

Die Behandlung des Meilers beim Verkoken ist verschieden: nach der einen Verkokungsmethode bedeckt man den Meiler mit einer 3 Zoll dicken, festgeschlagenen Schicht angefeuchteter Steinkohlenlösche, so daß Rauch und Flamme, welche die Decke nicht zu durchdringen vermögen, durch den Essenschacht entweichen. Der Meiler bleibt so lange im Treiben, so lange noch Rauch entweicht; danach wird die Essenmündung durch den eisernen Deckel verschlossen und die Mündungen der Zugcanäle werden mit Lösche bedeckt.

Bei der Verkokung in einem unbedeckten Meiler bedeckt man nur nach und nach die Stellen, wo keine Flamme sich mehr zeigt, bis endlich nach Verlauf von 18 – 24 Stunden die ganze Oberfläche des Meilers mit Lösche bedeckt ist, worauf man den Deckel von der Esse entfernt, damit die noch sich entwickelnden Dämpfe abziehen können. Nach abermals 24 Stunden schließt man Esse und Zugcanäle und überläßt den Meiler der Abkühlung. Nach etwa 3—4 Tagen werden die Koks gezogen und gelöscht. In England beschleunigt man die Abkühlung durch Anwendung von kaltem Wasser; es soll dadurch außerdem eine vollständigere Entschwefelung der Koks bewirkt werden.

§. 714.

Haufenverkokung.

Bei der Haufenverkokung zieht man auf dem planirten und mit einer Schicht von Lehm und Kokslösche bedeckten Platze parallele Schnuren, welche die Längsaxen der nebeneinander zu errichtenden Haufen vorstellen; längs der Schnur schlägt man zu beiden Seiten in einer Entfernung von 2 zu 2 Fuß 2—2$^1/_2$ Fuß lange Pfähle ein, welche nach der Aufstellung des Haufens herausgezogen werden und die Punkte angeben, an welchen derselbe angezündet wird. Ein vollkommener Luftzug wird erreicht, wenn zugleich einige gemauerte Essen angelegt werden. Man giebt dem anzulegenden Haufen eine Breite von 10—14 Fuß und eine Länge von 60—200 Fuß.

Die Höhe beträgt in der Regel nicht über 3 Zoll. Die größten Steinkohlenstücke werden längs der Schnur gegen einander geneigt aufgestellt, wodurch ein in der Längenaxe des Haufens fortlaufender Luftcanal gebildet wird. An die großen Stücke lehnen sich die kleineren Stücke an. Die kleinsten Stücke dienen zur Ausfüllung und als Decke. Nachdem der Haufen gesetzt ist, werden die Pfähle entfernt und in die dadurch entstandenen Schächte brennende Steinkohlen geworfen, wodurch der Haufen nach 4 bis 6 Stunden vollständig entzündet ist. Die bereits verkokten Stellen, an dem Erlöschen der Flamme und dem Ueberziehen der Stelle mit einer weißen Aschenschicht kenntlich, werden sorgfältig mit Lösche bedeckt. Nach 24 bis 48 Stunden ist in der Regel der ganze Haufen mit einer Decke versehen. Es werden nun die Schächte oder Essenmündungen bedeckt und der Haufen 3—4 Tage lang der Abkühlung überlassen, worauf das Koksziehen beginnt.

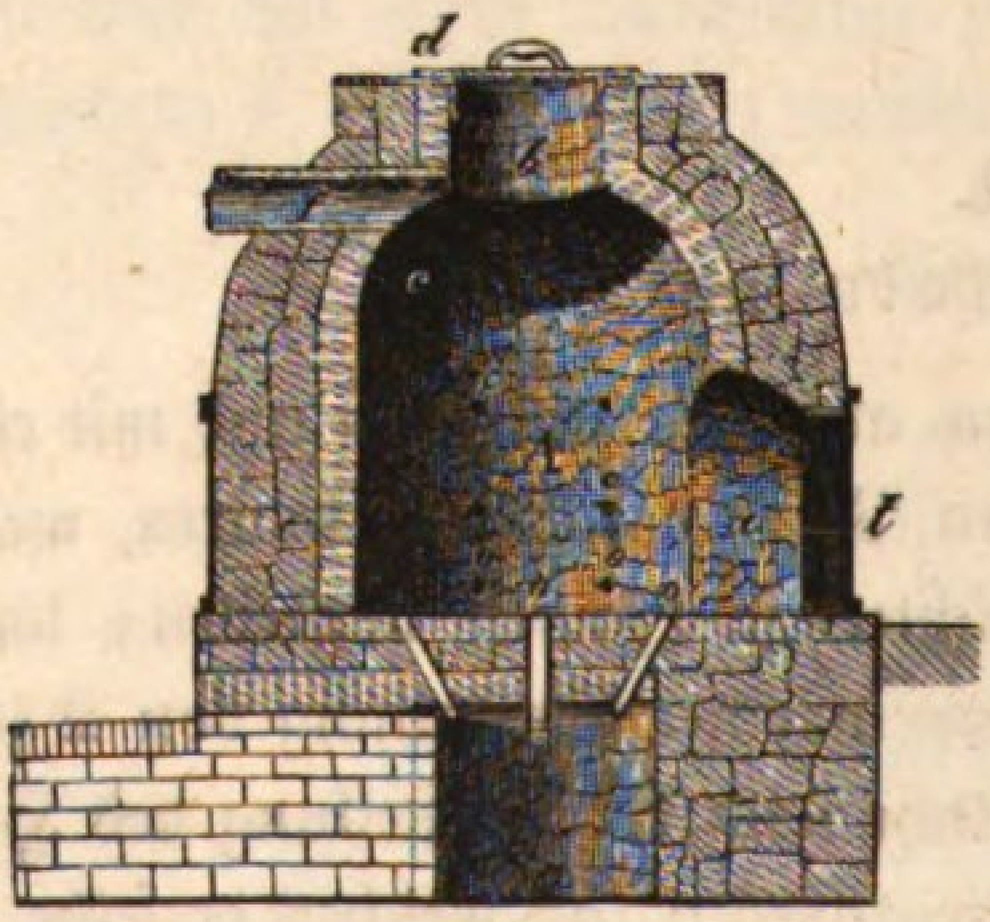
§. 715.

Ofenverkokung.

Wenn wir von der Verkokung der Steinkohlen in Retortenöfen zum Zwecke der Darstellung von Leuchtgas absehen, so haben wir die Ofenverkokung von Stückkohlen und von Staubkohlen (Grubenklein, houille menue) zu betrachten.

Einen zum Verkoken von Stückkohlen auf dem Eisenhüttenwerke Gleiwitz in Schlesien gebräuchlichen Verkokungsofen zeigt beistehende Zeichnung (Fig. 172) im verticalen Durchschnitt. Der cylindrische, oben mit einer durchlochten Wölbung versehene Verkokungsraum A ist an seinen Wänden mit Registeröffnungen o, o, o versehen, welche von außen mittelst passender Stöpsel verschlossen werden können. Auch in der Ofensohle befinden sich solche Oeffnungen, wodurch dieselbe zu einer Art Rost wird. Mit größerem Vortheile wird indessen die Sohle massiv gebaut, wenn man dafür sorgt, daß die unterste Reihe der Registeröffnungen unmittelbar über der Ofensohle ausmündet. Das Einsetzen der zu verkokenden Steinkohlen geschieht theils durch die Gewölbeöffnung b, theils durch die Thüre a; zuerst kommen größere Stückkohlen, wobei jedoch eine in der Thüröffnung ausmündende Zündgasse zur Aufnahme von brennenden Kohlen frei gelassen wird.

Fig. 172.



Nachdem der Ofen bis zum unteren Theil des Ableitungsrohres r gefüllt ist, wird die Thüre bis auf die Mündung der Zündgasse vermauert, werden alle Registeröffnungen mit Ausnahme der untersten Reihe geschlossen, wird auch die Oeffnung des Gewölbes mit dem eisernen Deckel d bedeckt. Sobald sich die Steinkohlen durch die unterste Reihe der Registeröffnungen in orangefarbener Gluth zeigen, schließt man diese und öffnet die darüber befindliche Reihe, was nach etwa 10 Stunden der Fall ist, nach abermals 10 Stunden schließt man die zweite Reihe der Registeröffnungen, nach 16 Stunden die dritte und nach 3 Stunden die vierte. Der vollkommen verschlossene Ofen bleibt 12 Stunden zur Abkühlung stehen; alsdann öffnet man die Thüre t, zieht die glühenden Koks mit Haken heraus und löscht sie sogleich mit Wasser ab.

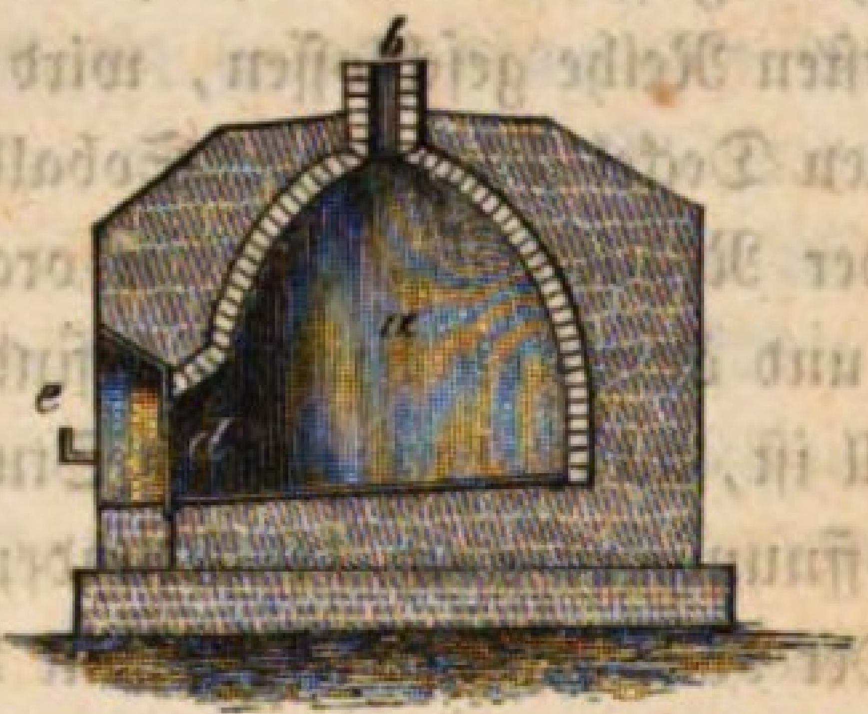
Der vorstehend beschriebene Gleiwitzer Ofen faßt 35—40 Ctr. Steinkohlen; nach einem Durchschnitte von mehreren Monaten erhält man damit 53 Gewichtsprocente und 74 Gemäßvolumsprocente Koks. Die Gase und Dämpfe entweichen durch das Rohr r nach einem Verdichtungsapparat, welcher, für je zwei Verkokungsöfen gemeinschaftlich, die Theerdämpfe condensirt und aufnimmt, die Gase aber entweichen läßt. 1 Ctr. Kohlen giebt gegen 10 Liter Theer (Steinkohlentheer, goudron d'houille, *coal-tar*), dessen Verwendung bei der Steinkohlengasfabrikation geschildert werden wird.

§. 716.

Die Verkokung von Staubkohlen geschieht auf überwölbten Herden, nach Art der Backöfen gebaut. Der Abfall der Kohlen an den Gruben (Grubenklein, Fettschrot, Schrot) läßt sich durch das Verkoken sehr vortheilhaft verwerthen, wenn der Abfall von Backkohlen herrührt, weil die Theilchen beim Erhitzen zusammenbacken und einen eben so cohärenten Koks liefern als die Stückkohlen. In vielen Fällen müssen die Staubkohlen vor dem Verkoken einem Klaubeproceß unterworfen werden, um Stücke des Gebirgsgesteins, namentlich des Schieferthones, und andere fremde mineralische Substanzen von der Kohle zu trennen.

Die Construction der Verkokungsöfen der Staubkohlen ist ziemlich verschieden. Bei der Leipzig-Dresdener Eisenbahn zu Riesa bedient man sich der Fig. 173 im verticalen Durchschnitte gezeichneten Ofen. Der Verkokungsraum ist etwa 10 Fuß hoch und an der Sohle 10 Fuß breit. Die 3 Fuß hohe und eben so breite Thüröffnung kann durch die eiserne Thür d verschlossen werden, in deren oberem Theile sich vier neben einander liegende

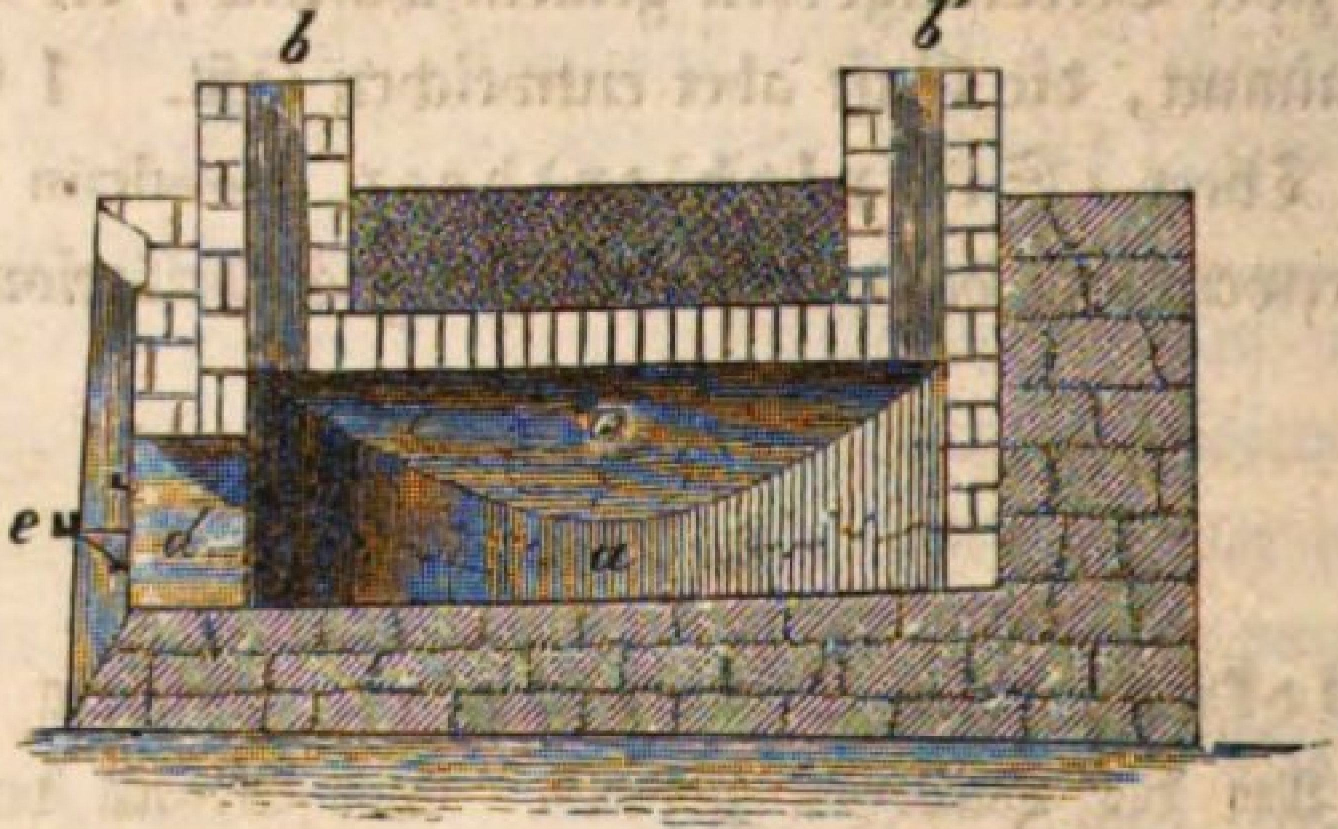
Fig. 173.



Zuglöcher befinden. Der Schornstein b ist etwas höher als 3 Fuß. An jeder Seite der Thüröffnung ist im Mauerwerk ein eiserner Haken e befestigt, welche eine Eisenstange halten, auf die der Arbeiter beim Ausziehen das Gezähe stützt. In einem solchen Ofen werden 50 Dresdener Scheffel Staubkohlen[1]) in 3mal 24 Stunden verkokt. Bei dieser Quantität werden feste und dichte Koks erhalten; verringert man den Einsatz und sonach auch den Druck, so erhält man leichtere Koks.

Der auf dem Steinkohlenwerke zu Zaukerode bei Dresden benutzte Koks-Backofen hat folgende Construction (Fig. 174). Die Sohle des Verkokungsraumes ist kreisförmig und spitzt sich nur gegen die Thüröffnung ein

Fig. 174.



wenig zu; die Breite der Sohle beträgt 11 Fuß. Die verschiedene Höhe der verticalen Seitenwände des Verkokungsraumes wird durch das cylindrische Gewölbe c bestimmt, das an seinen höchsten Stellen über $3^3/_4$ Fuß über der Herdsohle liegt. Die Dämpfe und Gase entweichen durch zwei gegen 4 Fuß hohe Schornsteine in's Freie. Die gußeiserne Thüre besteht aus zwei Flügeln, welche die Thüröffnung aber nicht ganz verschließen, sondern den obersten Theil derselben offen lassen, wodurch die Luft in das Innere des Ofens treten kann. e ist einer der bereits Fig. 173 erwähnten eisernen Haken.

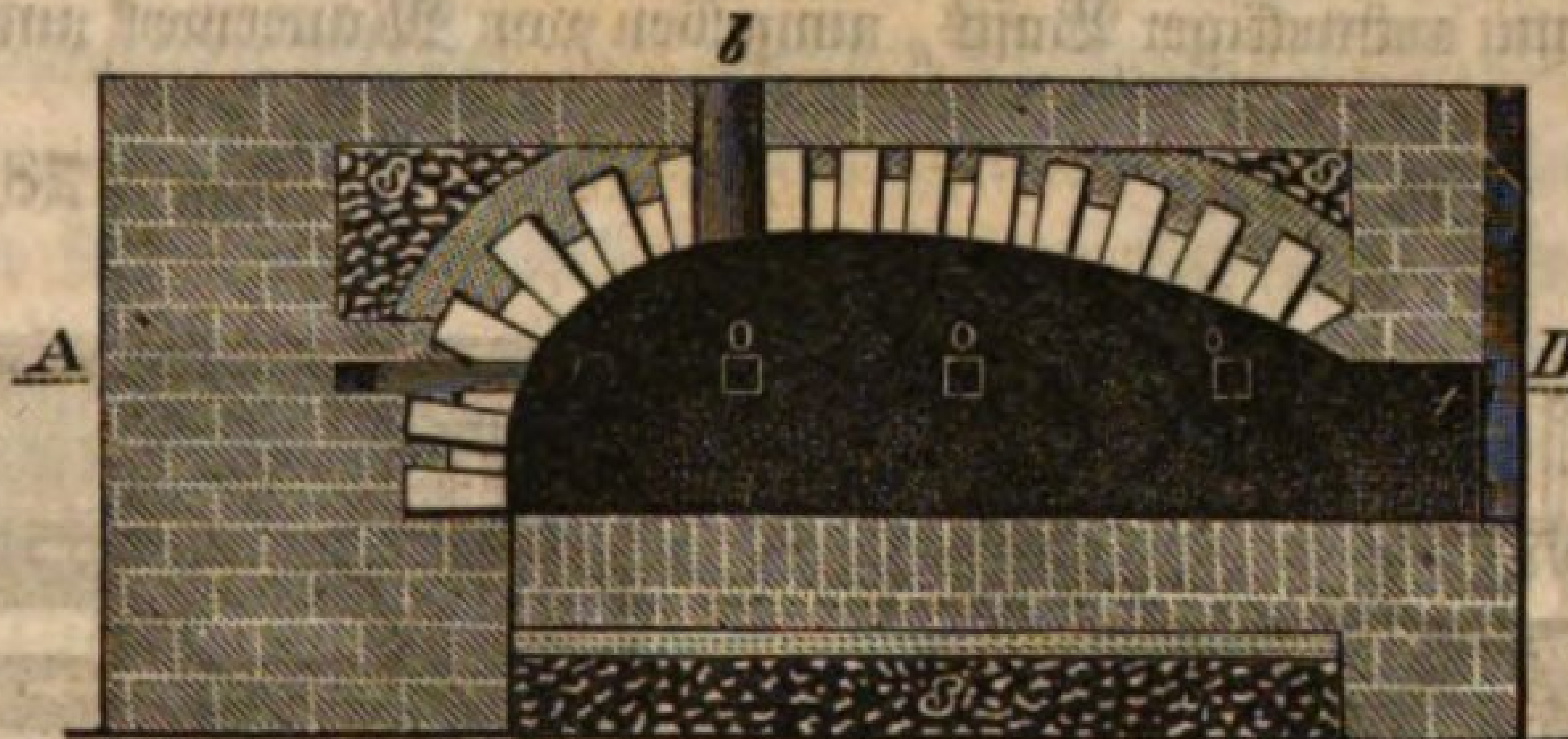
Auf den Steinkohlengruben bei Saarbrücken und auf mehreren franzö-

---

[1]) 1 Dresdener Scheffel = $103^8/_{10}$ Liter.

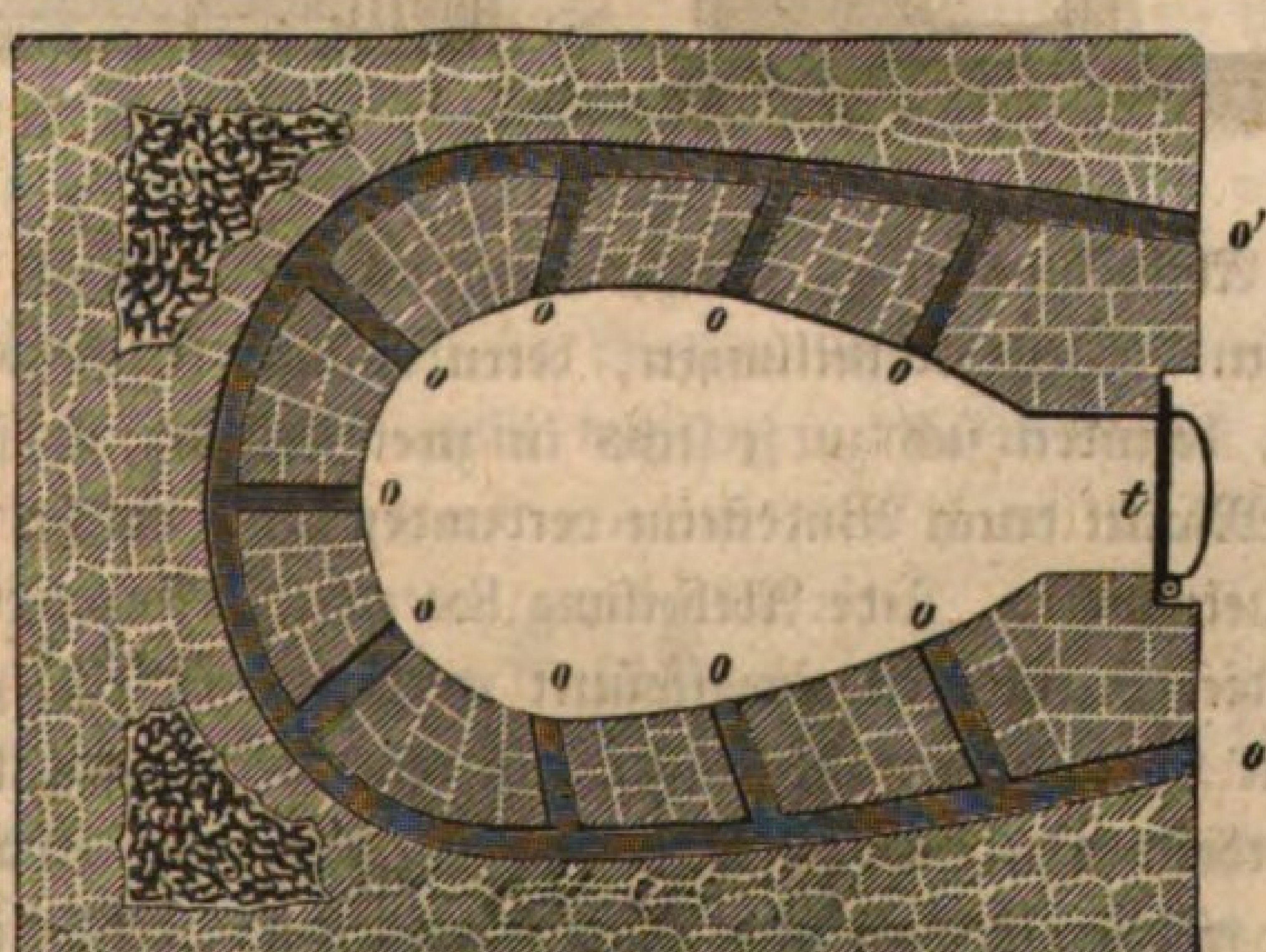
sischen Eisenhütten bedient man sich beistehend (Fig. 175) im Verticaldurchschnitt abgebildeter Steinkohlen-Backöfen. Die Sohle des Verkokungsofens ist eiförmig; ihr Längendurchmesser beträgt 9 Fuß, ihr Breitendurchmesser

Fig. 175.



6 Fuß, die größte Höhe des Ofenraumes nur 3 Fuß. Der 1³/₄ Fuß hohe Schornstein dient auch zugleich zum Einschütten der Staubkohlen. Eigenthümlich ist bei diesem Ofen die Vertheilung des Luftzuges. In der Höhe von etwas über 1 Fuß über der Herdsohle läuft ein hufeisenförmiger Zug-

Fig. 176.



canal um den Ofenraum, der zu beiden Seiten der Thüre t in o' und o' ausmündet; die in diese Oeffnungen strömende Luft vertheilt sich durch neun Quercanäle und strömt in den Ofenraum. Die Thüre t verschließt die Oeffnung fast vollkommen. Ein Einsatz von 40—50 Kubikfuß Backkohlenklein wird in diesem Ofen in 20—24 Stunden verkokt.

§. 717.

Unter den in neuerer Zeit aufgetauchten Koköfen ist der von Gebrüder Appolt zu erwähnen. Fig. 177 zeigt den Verticaldurchschnitt, Fig. 178 den Horizontaldurchschnitt nach der Linie 1—2. Er bildet einen prismatischen Raum mit rechteckiger Basis, umgeben von Mauerwerk und getheilt in

Fig. 177.

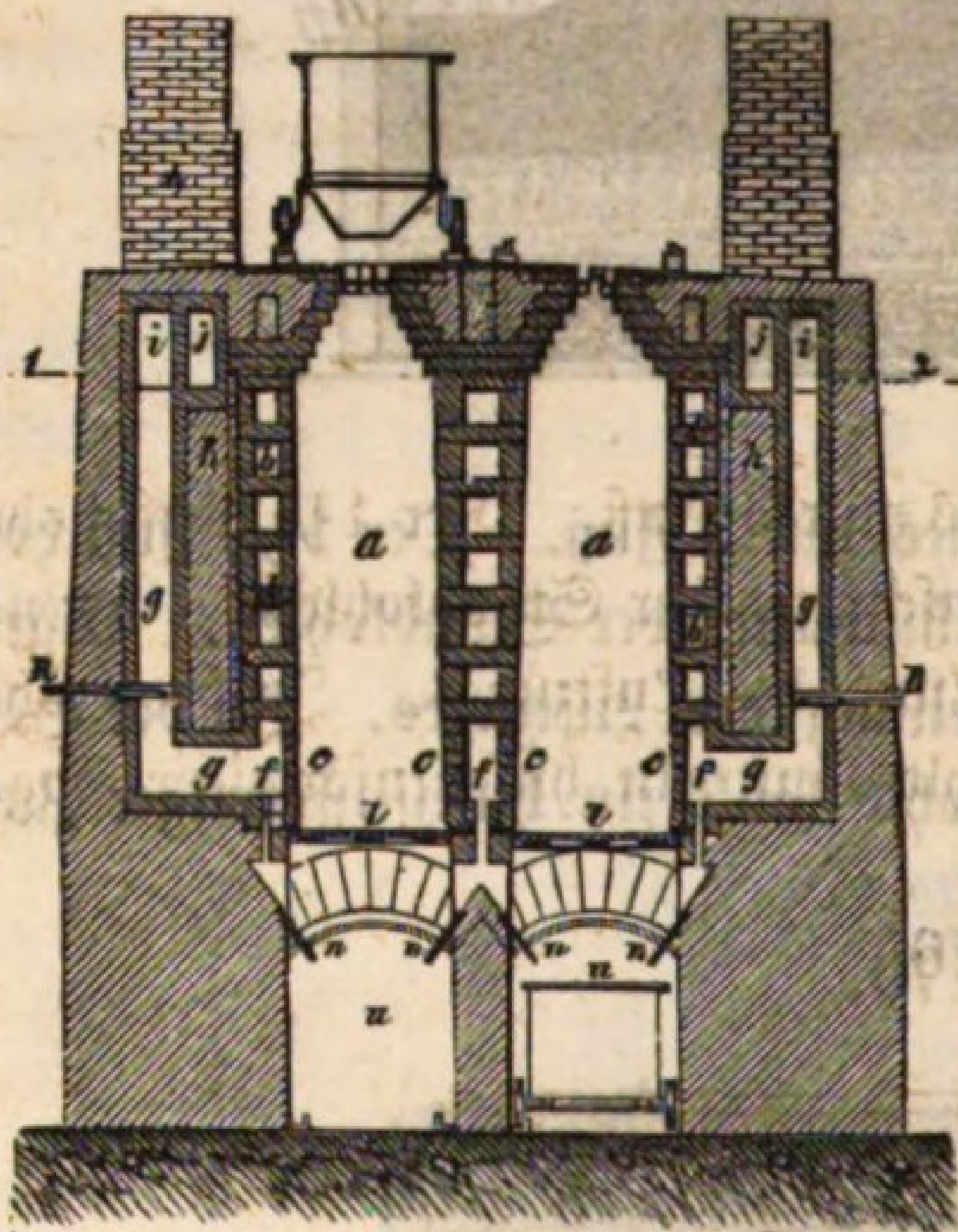
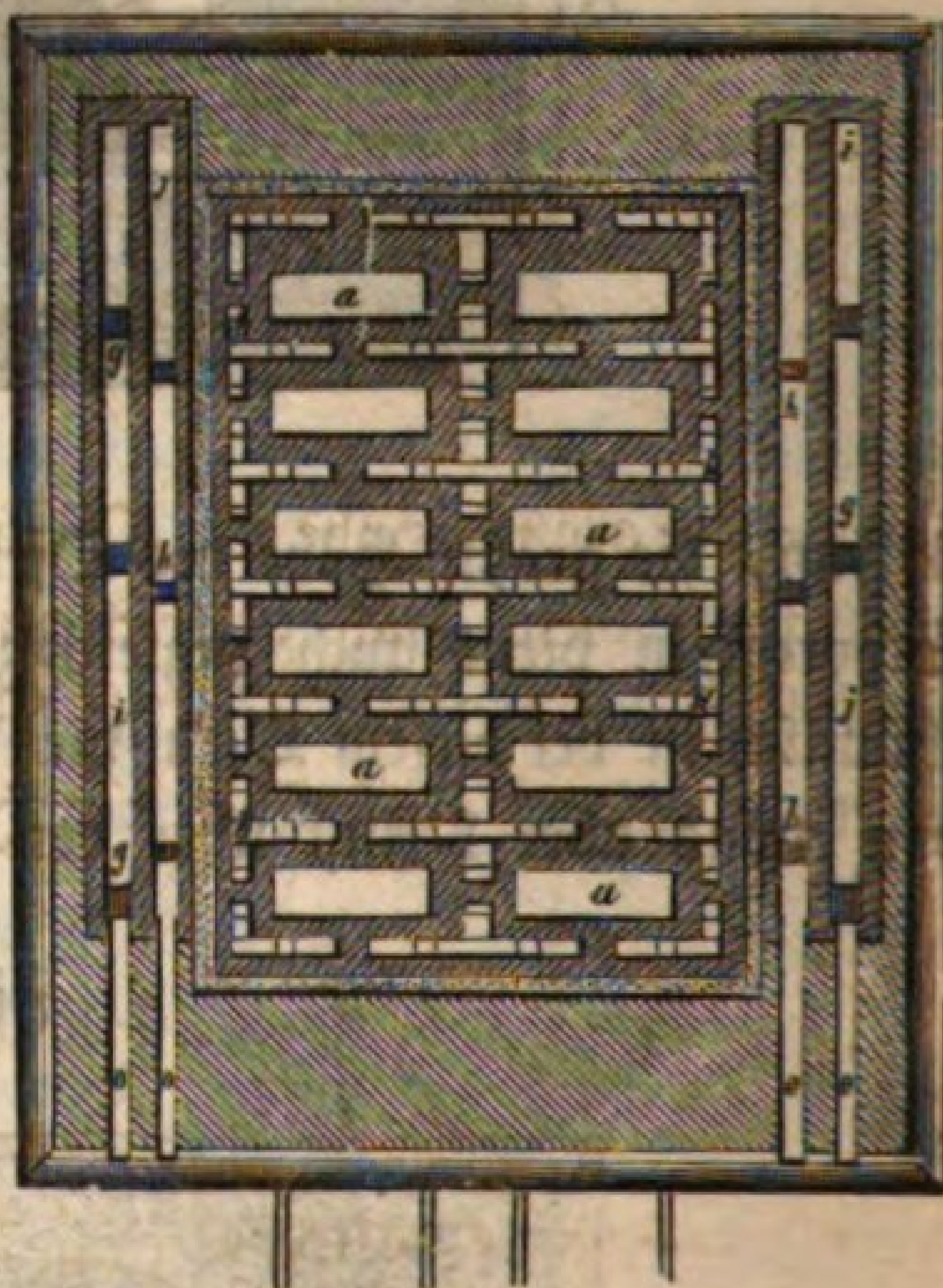


Fig. 178.



zwölf gleiche Abtheilungen a, welche ebenfalls die Gestalt rectangulärer Prismen haben. Diese Abtheilungen, deren Wände durch hohle Räume b getrennt sind, befinden sich zu je sechs in zwei Reihen; sie sind unter sich und mit dem Mantel durch Bindesteine verbunden; die hohlen Räume communiciren mit einander. Jede Abtheilung hat zwei Oeffnungen, eine obere, durch welche die Steinkohlen eingeschüttet werden, und eine untere, durch welche man die Koks herausfallen läßt. In dem unteren Theile der Seitenwand der Abtheilungen sind zwischen den Steinen enge Spalten e angebracht, durch welche die Gase und Dämpfe abziehen, welche in den hohlen Räumen, unter Mitwirkung von Luft, die durch f, f einströmt, verbrannt werden. Die durch diese Verbrennung erzeugte Hitze bewirkt die Verkokung der im Innern der Abtheilungen befindlichen Steinkohle. Die verbrannten Gase strömen durch die Canäle g und h ab. Durch die Schieber R wird der Zug regulirt. Die Canäle g münden in einen horizontalen Canal i, die Canäle h in einen solchen j. Die beiden Canäle i und j vereinigen sich

in der Esse k. Die Abtheilungen des Ofens sind (Fig. 177) an ihrem oberen Ende durch stufenweise vorspringende Steine verengt, so daß nur eine kleine Oeffnung übrig bleibt, welche durch einen gußeisernen Deckel verschlossen wird. Dieser Deckel ist in der Mitte mit einem Rohr versehen, durch welches man einen Theil der gas- und dampfförmigen Destillationsproducte ableiten kann. Eine über jeder Reihe von Ofenabtheilungen angebrachte Eisenbahn nimmt den Wagen auf, welcher jedesmal die 25 Ctr. Steinkohlen, welche die Beschickung einer Abtheilung bilden, derselben zuführt. In dem massiven Mauerwerk unterhalb des Ofens sind zwei Canäle u angebracht, in welche auf Eisenbahnen die Wägen geschoben werden, welche die Koks aufnehmen sollen. Bei dem Betriebe des Ofens bringt man Holzfeuer in die Abtheilungen und schüttet Steinkohlen darauf. Das Innere des Ofens erhitzt sich dabei rasch durch Verbrennung der Gase, welche durch die Spalten e aus den Abtheilungen entweichen. Hat der Ofen die genügende Hitze erlangt, um die Zersetzung der Steinkohle und die Verbrennung der flüchtigen Producte zu bewirken, so beschickt man diese Abtheilung mit 25 Ctr. Steinkohle, worauf man die obere Oeffnung durch Aufsetzen des Deckels und Lutiren desselben dicht verschließt. Zwei Stunden später wird dieselbe Operation bei der zweiten Abtheilung ausgeführt u. s. f., bis man nach 24 Stunden alle zwölf Abtheilungen beschickt hat. Nach Ablauf dieser Zeit ist die Verkokung der Steinkohlen in der ersten Abtheilung beendigt und man schreitet zum Ausziehen der Koks. Nach der Entleerung derselben wird die Abtheilung von Neuem mit Kohlen beschickt u. s. w. Zwei Stunden später wird die zweite Abtheilung in gleicher Weise entleert und frisch beschickt u. s. f.

Die Ausbeute an Kok soll bei Anwendung des Koksofens von Appolt gegen 15 — 18 Proc. mehr betragen, als bei Oefen älterer Construction.

§. 718.

Eigenschaften und Brennwerth der Koks.

Die Koks bilden, wenn sie zweckmäßig dargestellt worden sind, eine gleichartige, dichte und feste Masse, die schwer zu zerbrechen und zu zerdrücken ist und keine allzu großen Blasenräume enthalten darf. Koks, aus backenden Stückkohlen in Meilern dargestellt, zeigen blumenkohlähnlich gewundene Contouren; in Oefen gewonnene Koks sind stets dichter als Meiler- oder Haufenkoks. Die Farbe ist schwarzgrau bis eisengrau, der Glanz ein matter Metallglanz. Schwefel soll sich in guten Koks nur in sehr geringer Menge finden. Der Schwefel findet sich in der Steinkohle bekanntlich als

Schwefel- oder Eisenkies (FeS_2); während des Verkokens destillirt aber nur ein Theil des Schwefels ab und es bleibt eine niedrigere Schwefelungsstufe des Eisens zurück ($7\ FeS_2 = Fe_7S_8 + 6\ S$), welche noch fähig ist, an erhitztes Eisen und Kupfer Schwefel abzugeben und demnach Metallgegenstände (Roststäbe, Dampfkessel) zu zerstören, oder auf das Schmelzproduct (Roheisen) schädlich einzuwirken. In Gegenden, in welchen die Salzsäure billig zu haben ist, hat man mit dem günstigsten Erfolge versucht, das Schwefeleisen der Koks, so wie sie aus dem Ofen kommen, durch Salzsäure zu zersetzen. Um den Schwefel der Koks zu entfernen, wenden Calvert[1]) und Chenot[2]) Kochsalz an, welches sie mit den Steinkohlen vor dem Verkoken mischen. Auch Wasserdämpfe wirken auf die Entfernung des Schwefels günstig ein. Th. Scheerer[3]) ließ vor dem Ausziehen der Koks gepreßte Wasserdämpfe in den Koksofen einströmen und dieselben einige Zeit auf die glühenden Koks einwirken. Um den entschwefelnden Effect dieses Verfahrens zu beurtheilen, wurden einige Koks vor der Behandlung mit Wasserdämpfen ausgezogen und sowol diese, wie die mit Wasserdämpfen behandelten, einer chemischen Untersuchung unterworfen. Es ergab sich, daß der Schwefelgehalt der rohen Koks 1,1, der der mit Wasserdämpfen behandelten 0,4 war.

§. 719.

Die mittlere Zusammensetzung guter gewöhnlicher Koks ist folgende:

Kohlenstoff	85—92	Proc.
Asche	3— 5	„
Hygroskopisches Wasser	5—10	„

Wegen ihrer Dichte und des Mangels an brennbaren Gasen ist die Brennbarkeit der Koks so gering, daß sie zu ihrer Entzündung starke Glühhitze und zum Fortbrennen einen gepreßten Luftstrom verlangen. Flammbarkeit zeigen die Koks nur unter denselben Verhältnissen wie die Holzkohle. Ihr Wärmeeffect und ihr specifisches Gewicht geht aus folgender Tabelle hervor:

Koksorten.	Wärmeeffect. Absol.	Spec.	Pyrometr.	Spec. Gew.
Gute Koks mit 10 Procent hygroskopischem Wasser und 5 Proc. Asche	0,84	—	2350°	—
Vorzügliche Koks mit 5 Proc. hygroskopischem Wasser und 3 Proc. Asche	0,92	—	2400°	—

---

1) Calvert (1852), Dingl. Journ. CXXVI. p. 112; Journ. f. prakt. Chemie LVIII. p. 45.

2) Chenot, Compt. rend. XXXV. p. 521.

3) Th. Scheerer (1854), Wagner's Jahresbericht 1855. p. 461.

Koksorten.	Wärmeeffect. Absol.	Spec.	Pyrometr.	Spec. Gew.
Vorzügliche Koks ohne Wasser u. mit 5 Proc. Asche	0,97	—	2450°	—
Sandkoks „ 5 „	—	0,46	—	0,48
Sinterkoks „ 5 „	—	0,41	—	0,43
Backkoks „ 5 „	—	0,33	—	0,35

Nach Berthier reducirten

1 Th. Koks von St. Etienne	28,5 Th. Blei
1 „ „ „ Bessèges	28,4 „ „
1 „ „ „ Rive de Gier	26,0 „ „
1 „ Gaskoks von Paris	22,2 „ „

Nach einer großen Anzahl auf preußischen Hütten angestellter Versuche sind bei einem mit erhitzter Luft stattfindenden Hohofenbetriebe:

100 Gewichtstheile Koks	=	80 Gewichtstheilen Holzkohlen
100 Volumen „	=	250 „ „

Nach den Ermittelungen von Brix verwandelte 1 Pfd. Meilerkoks (unvollständig verkokt) mit 5 bis 6 Proc. Wasser und 2,4 bis 4,3 Proc. Asche 7,15 bis 7,58 Pfund Wasser von 0° in Dampf von 110 bis 116° C.

§. 720.

Künstliche Brennstoffe.

Unter künstlichen Brennstoffen (combustibles artificielles, agglomérés) versteht man ein ursprünglich pulverförmiges Brennmaterial, in der Regel Hüttenabfall, wie Steinkohlenklein, Sägespäne, welchem man durch Vermischen mit einem Bindemittel, gewöhnlich mit Theer oder Thonbrei, und Pressen eine geeignete Form, in der Regel die von Ziegeln (briquettes), gegeben hat. In gewisser Hinsicht gehören die gepreßten Torfziegel (Seite 664) und die in Formen gestampfte und getrocknete, ausgelaugte Lohe (Lohkuchen, Lohkäse) hierher.

Vor etwa 20 Jahren machte das von Weschniakoff erfundene Carboleïn, ein aus Steinkohlenklein und thierischem Fett dargestelltes Brennmaterial, viel Aufsehen. Nach einer Analyse von C. Kaiser in München zeigte es sich aus 92 Proc. Steinkohle (mit 8 Proc. Asche) und 8 Proc. Fett bestehend. Das specifische Gewicht betrug 1,25. Das Carboleïn kam in Form von Ziegeln vor. Seine Darstellung kam, sowohl hinsichtlich des Arbeitslohnes als auch in Bezug auf die Kosten des zur Fabrikation erforderlichen Fettes, in den meisten Gegenden zu hoch zu stehen, als

daß an eine Einführung des Carboleïns als Brennmaterial zu denken gewesen wäre.

§. 721.

Weit wichtiger ist die künstliche Stückkohle oder die Pera's (péras), deren Darstellung aus Klein von backenden Kohlen seit einer Reihe von Jahren von dem Ingenieur Marsais, Director der Steinkohlengruben von St. Etienne, eingeführt worden ist. Das Wesentliche des Verfahrens besteht darin, daß man das Kohlenklein zuerst in einem dem Setztrog ähnlichen Apparat wäscht, um sowohl die schwereren Verunreinigungen wie Kies und Steine, als auch die abschlämmbaren Theile wie Thon und Erde abzuscheiden. Die durch diesen Scheideproceß gewonnene reinere Kohle wird zum Abtropfen in Haufen gebracht, hierauf mit Hülfe von cannelirten Walzen zu Pulver gemahlen, das Pulver getrocknet, noch warm mit 7—8 Proc. eingedicktem Steinkohlentheer vermischt und die heiße Masse in Formen gepreßt, wodurch Ziegel mit abgerundeten Ecken, je etwa 20 Pfd. schwer, erhalten werden, welche nach dem Erkalten eine ziemliche Härte besitzen. Die Pera's zerbrechen nicht so leicht wie die meiste natürliche Stückkohle; sie lassen sich weit besser magaziniren, indem $^1/_5$ an Raum gespart wird. Beim Gebrauche werden die Stücke zerbrochen; die dadurch entstehenden eckigen Stücke liegen auf dem Roste nicht so dicht auf einander wie Steinkohlen und lassen die Luft gut durchziehen; sie sind sehr brennbar und geben neben langer Flamme mehr Wärme als gewöhnliche Steinkohle.

Nach Payen stellt sich auf den Steinkohlengruben von Blanzy der Preis von 1000 Kilogrammen der Pera's auf 14 Franken, während sie mit 18 Franken verkauft werden. Es kosten nämlich:

20,000 Kilogr.	gewaschenes Kohlenklein	160 Franken
1700 ,,	Steinkohlentheer	95 ,,
Fabrikationskosten		48 ,,
21,700 Kilogr.	Pera's	303 Franken.

§. 722.

Stark backende Kohlen lassen sich selbst ohne Theerzusatz durch Pressen unter hydraulischen Pressen zu einer cohärenten Masse vereinigen, wenn man sie in verschlossenen Gefäßen bis auf 400—500° C., d. h. bis zu dem Punkte erhitzt, bei welchem sie zu erweichen beginnen, und sie nochmals einem starken Drucke aussetzt. Auf diese Weise sind die Kohlenziegel (briquet-

tes de charbon) von Setten u. Co. zu Gosselier bei Charleroi in Belgien dargestellt [1]). Nach Heeren scheint die beste Darstellung dieses künstlichen Brennstoffes folgende zu sein: Es wird ein langes, ungefähr 3 Zoll weites eisernes Rohr in der Weise befestigt, daß sein mittlerer Theil bis zur erforderlichen Temperatur erhitzt werden kann. Man füllt das Rohr mit dem gewaschenen Kohlenklein, läßt einen Stempel mit großer Gewalt darauf drücken und schiebt dadurch den Inhalt um eine gewisse Strecke fort. Der Stempel geht dann wieder in die Höhe, es werden frische Kohlen nachgefüllt u. s. f. Indem in dieser Weise die Kohle sich fortschiebt, erweicht und während des Erkaltens in dem Rohr noch dem nämlichen Drucke ausgesetzt bleibt, geht sie in eine dichte, cylinderförmige Masse über. Auf der Pariser Ausstellung des Jahres 1855 befand sich gepreßte Kohle dieser Art in etwa dreizölligen, außen glänzend schwarzen, innen vollständig compacten Cylindern. Es werden davon 100 Kilogr. zu 3 Franken verkauft.

§. 723.

Hierher gehört auch die geformte Holzkohle (Pariser Kohle, charbon de Paris), welche seit ungefähr 10 Jahren von Popelin-Ducasne in Paris in den Handel gebracht wird; sie besteht aus Holzkohle, welcher man durch Beimischen von Holztheer und Verkohlung des letzteren Cohärenz ertheilt hat. Man benutzt hierzu solche Holzkohle, welche an und für sich nicht brauchbar ist wie die Kohle von Heidekraut, Ginster, gebrauchte Gerberlohe rc., Kohlenlösche, der Abfall von Holz- und Torfkohle u. s. w. Die Holzkohle wird mit 8—12 Proc. Wasser versetzt und zwischen glatten Walzen zu einem gröblichen Pulver gemahlen. 100 Kilogr. Kohlenpulver werden mit 33 bis 40 Liter Steinkohlentheer durchknetet; die durchknetete Masse wird darauf in einer eigens hierzu construirten Maschine in die Form von Cylindern gebracht. Die geformten Kohlencylinder werden 36—48 Stunden lang an der Luft ausgetrocknet und darauf in Muffelöfen verkohlt.

Die geformten Kohlen haben vor den gewöhnlichen Kohlen den Vorzug, daß sie wenig zerreiblich, daher leicht transportabel sind, mehr Hitze geben, langsamer und regelmäßiger verbrennen; ein Stück einmal angezündet brennt an der Luft fort, was bekanntlich die Koks nicht thun. Eine nachtheilige Eigenschaft der Pariser Kohle ist der große, je nach dem benutzten Material wechselnde Aschengehalt, der nach einigen Versuchen 20 bis 22 Proc. betrug. 100 Kilogr. dieser Kohle werden in Paris zu 15—16 Franken verkauft.

---

[1]) Wagner's Jahresbericht 1855. p. 458.

§. 724.

Gasförmige Brennmaterialien.

Die Benutzung gewisser brennbarer Gase und Gasgemenge als Brennmaterial bei hüttenmännischen Processen ist schon seit einer Reihe von Jahren vorgeschlagen worden, jedoch erst in neuester Zeit zur Ausführung gelangt. Schon im Jahre 1821 erhielt Aubertot[1]) ein Verfahren, die aus den Hohöfen entweichenden Gichtgase zu metallurgischen Zwecken zu benutzen, patentirt. Im Jahre 1829 wurden von Lampadius[2]), welcher schon im Jahre 1801 die Möglichkeit mit den bei der Verkohlung des Holzes entweichenden brennbaren Gasen, und im Jahre 1808 des Versiedens von Salzlauge durch die bei der Koksbereitung sich entwickelnden Gase bewiesen hatte, Versuche von Abtreiben des Werkbleies durch Steinkohlengas angestellt. Eine allgemeinere Anwendung der brennbaren Gase als Brennmaterial war erst eine Folge fortgesetzter Versuche des Bergrathes Fabre du Faur zu Wasseralfingen in Württemberg, welcher mit dem glücklichsten Erfolge die Hohofengase zum Schmelzen und Frischen des Eisens, zum Ausschweißen des gefrischten Eisens in Flammenöfen ꝛc. verwendete (vergleiche Seite 52). Ist es auch noch nicht gelungen, gewisse Schwierigkeiten in der Anwendung dieser Gase zu überwinden, so steht doch fest, daß die brennbaren Gase mit der Zeit eine hervorragende Stelle unter den Brennstoffen einnehmen werden. Karsten[3]) sagte schon im Jahre 1841, daß man sehr wahrscheinlich bald dahin gelangen werde, solche Brennmaterialien, welche wegen geringer Brennkraft oder wegen ihrer physikalischen Beschaffenheit als directes Brennmaterial nicht anwendbar sind, in besonderen Vorrichtungen zu verbrennen und das dabei erzeugte Kohlenoxydgas zum Frischen des Roheisens, sogar zu den Schweißarbeiten für das gefrischte Eisen anzuwenden. Die Anwendung des Kohlenoxydgases zum Puddeln gewähre überhaupt nach den bis jetzt schon bekannt gewordenen Resultaten so große Vortheile und trage zur Verminderung des Eisenverlustes, so wie zur Verbesserung der Beschaffenheit des Eisens so wesentlich bei, daß man sich bald nicht mehr auf die immer nur zufällige Benutzung des aus den Hohöfen zu entnehmenden Kohlenoxydgases beschränken, sondern den Puddlingsproceß mit absichtlich erzeugtem Kohlenoxydgas ausführen wird. Sollte auch durch die absichtliche Erzeugung und Anwendung von Kohlenoxydgas keine Ersparung an

[1]) Aubertot, Annal. des mines (1) XXXV. p. 375.

[2]) Lampadius, Journ. f. techn. u. ökonom. Chemie, V. p. 375.

[3]) Karsten, Handbuch der Eisenhüttenkunde, Bd. IV. p. 271.

Brennmaterial entstehen, obgleich eine solche zu erwarten ist, so werden die großen Vortheile der absichtlichen Gaserzeugung für die verschiedenen Operationen der Frischarbeit immer noch in der Verminderung des Eisenverlustes und in der Gewinnung von vorzüglichem Eisen bestehen.

§. 725.

Heine[1]) empfiehlt gleichfalls das Gasschmelzen anstatt des Schachtofenschmelzens und schlägt vor, das Kohlenoxydgas durch unvollkommene Verbrennung darzustellen. Man ist leicht im Stande, durch schlechte Verbrennung, durch beliebig zu regulirende Luftzuleitung zu einer in gelindem Glühen begriffenen Schicht Brennmaterial nur brennbare Gase und wenig oder gar keine Kohlensäure zu bilden. Auf diesem Wege bietet sich nun die Erlangung eines Hauptvortheils dar, die Benutzung sämmtlicher Wärme, jedes vorhandenen, stets des billigsten und vielleicht schlechtesten Brennmaterials. In kurzer Zeit, sagt Heine, werden wenig Hüttenwerke existiren, welche nicht ihren Apparat zur Darstellung von brennbaren Gasen besitzen, der mit einem Reservoir in Verbindung steht, aus welchem Röhren nach den verschiedenen Oefen der Hütte laufen, so daß man nur Hähne zu öffnen und beliebig Luft zuzuleiten braucht, um diesen oder jenen Ofen zu heizen und um diese oder jene hüttenmännische Arbeit darin vorzunehmen.

Chenot[2]) hat neuerdings den beachtenswerthen Vorschlag gemacht, die Kohlensäure, welche als vulkanisches Product der Erde entströmt, zu Kohlenoxydgas zu reduciren und dieses dann als Brennmaterial zu benutzen. Das so erzeugte Kohlenoxydgas bietet den Vortheil dar, daß man es mit geringen Kosten mittelst Leitungsröhren vom Ort der Production an den Ort des Verbrauchs schaffen kann. Zur Umwandlung benutzt man die geringsten Sorten Brennmaterial, welche oft in der Nähe der Kohlensäurequelle vorkommen und deren entferntes Vorkommen sogar als kein großer Uebelstand zu betrachten wäre, weil man, anstatt diese Brennmaterialien zur Gasquelle zu transportiren, das Gas denselben mittelst Leitungsröhren zuführen könnte.

Folgende Beispiele mögen andeuten, welche unermeßliche Quantitäten von Kohlensäure der Erde ununterbrochen entströmen: Bischof stellte genaue Messungen an über eine Kohlensäuregasquelle bei Burgbrohl und fand, daß solche täglich 4237—5650 Kubikfuß oder 538 bis 717 Pfund Kohlen-

[1]) Heine, Bergwerksfreund, Bd. V. p. 251; Zerrenner, metallurg. Gasfeuerung im Kaiserthum Oesterreich, Wien 1856.

[2]) Chenot, Wagner's Jahresbericht für 1855. p. 459.

säure liefert, was jährlich 1960 bis 2620 Ctr. ausmacht. Die neu erbohrten Mineralquellen zu Nauheim liefern nach Bunsen jährlich an 15000 Ctr. Kohlensäure; das Bohrwerk von Neusalzwerk giebt nach Bischof's Messung jährlich 28000 Ctr. Kohlensäure.

§. 726.

Die in der Technik gegenwärtig als Brennmaterial angewendeten brennbaren Gase sind außer dem gewöhnlichen Leuchtgas entweder Gichtgase oder Generatorgase.

Mit dem Namen Gichtgase bezeichnet man nicht nur die der Gicht (vergl. Seite 45) entströmenden Gase, sondern überhaupt eine jede Flamme, welche aus einem hüttenmännischen Ofen unbenutzt entweicht. Die Zusammensetzung der Gichtgase richtet sich selbstverständlich nach der Art des angewendeten Brennstoffes, nach der Temperatur und dem Druck der Verbrennungsluft und nach der Höhe über der Form, in welcher die Gase aufgefangen wurden. Sie sind stets Gemenge von Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoffen, Wasserstoff, Kohlensäure und Stickstoff, bei Anwendung von Steinkohlen oder Koks enthält das Gasgemenge auch Ammoniak[1]).

Nach Th. Scheerer kommen folgende Zusammensetzungen der Gichtgase dem Gewichte nach mit den beigefügten Wärmeeffecten vor:

Gichtgase aus	Holzkohlen. A.	Holzkohlen. B.	Koks.	Steinkohlen.
Stickstoff	63,4	59,7	64,4	56,3
Kohlensäure	5,9	19,4	0,9	15,2
Kohlenoxyd	29,6	20,2	34,6	21,5
Grubengas (C_2H_4)	1,0	0,3	—	4,2
Wasserstoff	0,1	0,4	0,1	1,0
Oelbildendes Gas (C_4H_4)	—	—	—	1,8

Ihr Wärmeeffect ist folgender:

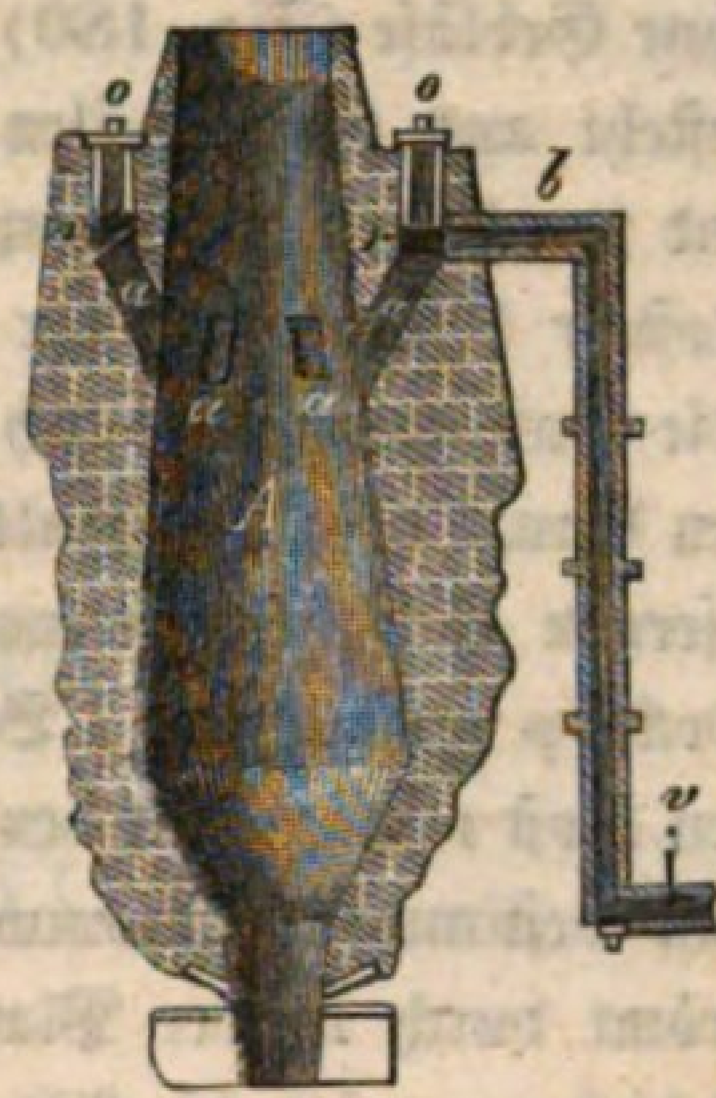
	pyrometr.	specifischer	absoluter
Gichtgase aus Holzkohle A.	1255 ° C.	0,000105	0,081
" " " B.	1075 ° C.	0,000078	0,0600
" " Koks	1265 ° C.	0,0001	0,077
" " Steinkohle	1480 ° C.	0,000211	0,162

---

1) Bunsen und Playfair fanden bei ihren Untersuchungen über den Proceß der englischen Roheisenbereitung, daß aus dem Alfretonhohofen täglich über 2 Ctr. Salmiak als Nebenproduct ohne erhebliche Kostenerhöhung des Betriebes und ohne die mindeste Störung des Eisenprocesses gewonnen werden können.

Die Ableitung der Gichtgase aus einem Eisenhohofen kann auf folgende Weise geschehen (Fig. 179): An der geeigneten Stelle des Schachtes A befinden sich in gleichem Niveau mehrere Oeffnungen a, a, welche in den kreisförmigen Canal r, r ausmünden. Aus diesem Canal gelangen die Gichtgase in die Röhre b; der Schieber v dient zum Reguliren des Ausströmens. Das mit dem Deckel o versehene, unten offene Gefäß hat den Zweck, die Reinigung der sich durch Flugasche ꝛc. leicht verstopfenden Oeffnungen a a zu ermöglichen.

Fig. 179.



§. 727.

Die Generatorgase sind brennbare Gase, welche in einem besonderen Ofen, dem Generator, aus festen Brennstoffen erzeugt worden sind. Sie finden bei den verschiedensten technischen Processen Anwendung, indem dadurch Gelegenheit gegeben ist, Brennmaterialien geringster Qualität nutzbar zu machen.

Die Generatorgase haben nach Th. Scheerer dem Gewichte nach folgende Zusammensetzung:

Generatorgase aus	Holzkohlen.	Holz.	Torf.	Koks.
Stickstoff	64,9	53,2	63,1	64,8
Kohlensäure	0,8	11,6	14,0	1,3
Kohlenoxyd	34,1	34,5	22,4	33,8
Wasserstoff	0,2	0,7	0,5	0,1

Der Wärmeeffect ist folgender:

	pyrometr.	specifischer	absoluter
Generatorgase aus Holzkohle	1325° C.	0,000124	0,095
" " Holz	1165° C.	0,000109	0,084
" " Torf	1260° C.	0,000103	0,079
" " Koks	1240° C.	0,000098	0,075

Zur Darstellung der Generatorgase benutzt man Torf, Holzabfälle, Holzkohlenklein, Braunkohlen und nicht backende Staubkohlen. Alle bis heute vorgeschlagenen Gasgeneratoren sind entweder

a) Generatoren ohne Gebläse,

b) Generatoren mit Gebläse.

Ein von Bischof zu Mägdesprung am Harze construirter Generator ohne Gebläse (Fig. 180) hat folgende Beschaffenheit. Der Generatorschacht besteht aus drei Theilen, nämlich aus dem cylindrischen mittleren Theile a und den beiden abgestumpften Theilen b und d. Unter dem schrägliegenden Roste r befindet sich der durch eine eiserne Platte f verschlossene Aschenfall. Die Gase gelangen durch den Fuchs l, wenn der Schieber s geöffnet ist, in den Canal k. Der Hals des Schachtes c ist von dem Schachte durch einen eisernen Schieber getrennt; die obere Mündung des Ofens ist durch den Deckel p verschlossen. Bei dem Betriebe bringt man glühende Kohlen auf den Rost r und füllt den Ofenraum mit dem zur Erzeugung der Generatorgase bestimmten Brennmaterial. Die zur Verbrennung erforderliche Luft strömt durch in der Platte f angebrachte Zugöffnungen ein. Durch den Schieber s wird die Ableitung der Gase in den Kanal k und mithin auch der ganze Verbrennungsproceß regulirt. Durch die Oeffnungen o, o, o läßt sich das Innere des Ofens beobachten. Das Aufgeben von neuem Brennmaterial, das sich zwischen dem Deckel p und dem darunter angebrachten eisernen Schieber befindet, geschieht in angemessenen Zeiträumen.

Fig. 180.



Fig. 181.

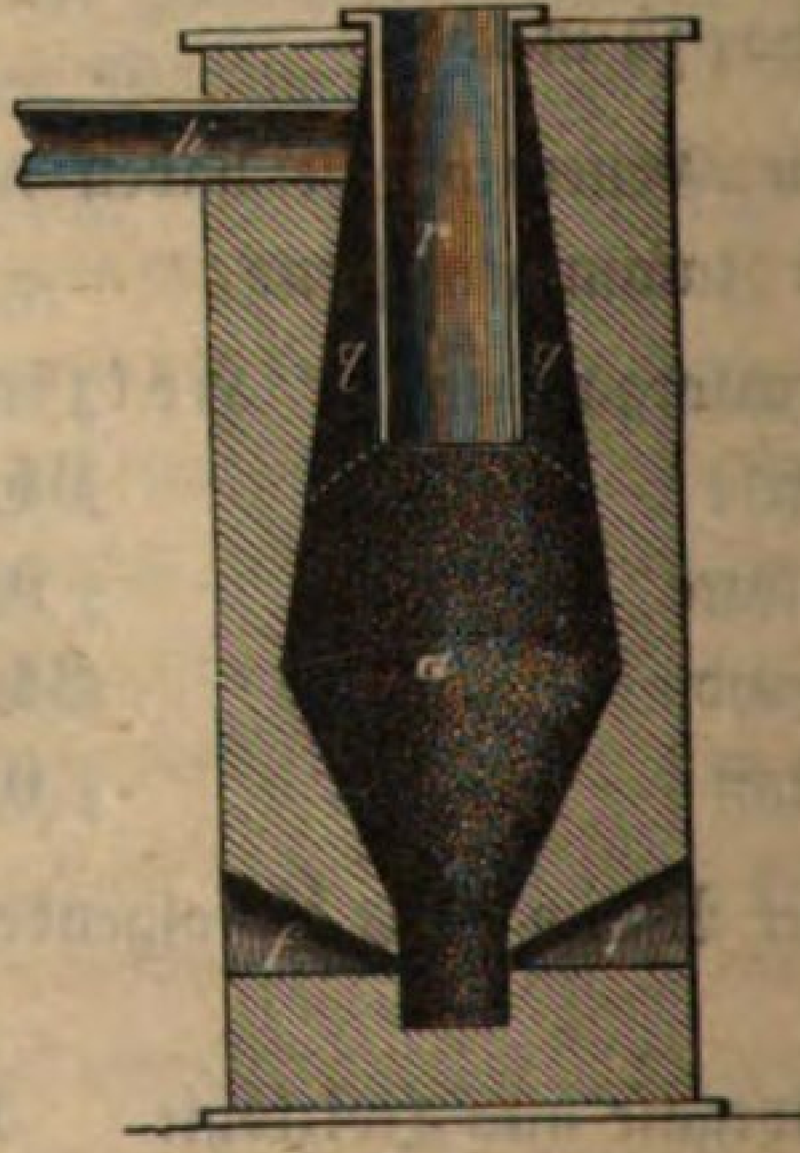


Fig. 181 zeigt einen Generator mit Gebläsevorrichtung, wie er nach dem Vorschlage von Ebelmen in Audincourt angewendet wurde. Dieser Generator hat große Aehnlichkeit mit einem Hohofen, nur von weit geringeren Dimensionen. Die Höhe des Schachtes a, von der Sohle bis zur Gicht, beträgt etwa 10 Fuß. Durch die Formen f, f strömt die Gebläseluft ein. Von der Gicht aus ragt ein gußeisernes Rohr in den Schachtraum, das man fortwährend mit Brennmaterial gefüllt erhält. Die Gase entweichen durch den Canal k.

Zweiter Abschnitt.

Die Heizung und Feuerung.

§. 728.

Allgemeines.

Unter Heizung verstehen wir das Erwärmen eines hohlen Raumes nebst den darin befindlichen Gegenständen durch die bei der Verbrennung der Brennmaterialien erzeugte Wärme. Der hohle Raum sei nun ein Zimmer, eine Fabrik, ein Gewächshaus, ein Dampfkessel, ein Schachtofen u. s. w. Es ist die Aufgabe der Technik (in diesem Falle Pyrotechnik), durch die Verbrennung eines Brennmaterials behufs der Heizung nicht nur eine möglichst große Wärmemenge, sondern auch einen möglichst hohen Wärmegrad zu entwickeln und diese Wärme auch so vollständig als möglich zu verwerthen. Um durch die Verbrennung eines Brennstoffes den absoluten und specifischen Wärmeeffect (Seite 611) so weit als thunlich zu erreichen, muß die Verbrennung eine vollständige sein, es darf nicht nur kein brennbarer Theil der Verbrennung entgehen, es müssen auch Vorkehrungen getroffen werden, daß jeder verbrennliche Theil durch die Verbrennung die höchste Oxydationsstufe erreiche. Wie wichtig für die Praxis das letztere ist, geht daraus hervor, daß

1 Th. Kohlenstoff bei seiner Verbrenn. zu Kohlenoxyd 2480 Wärmeeinheiten
1 Th. „ „ „ „ „ Kohlensäure 8000 „

liefert. Damit die Verbrennung eine vollständige sei, muß dem brennenden Körper die erforderliche Menge Sauerstoff in Gestalt von atmosphärischer Luft zugeführt und die ihres Sauerstoffes theilweise beraubte und mit den Verbrennungsproducten (Kohlensäure und Wasserdämpfe) beladene Luft beständig fortgeführt werden. Ein solcher Luftzug kann entweder durch natürliche Luftcirculation oder durch künstliche Mittel, nämlich durch Saugen oder durch Pressen hergestellt werden. Im ersteren Falle werden die gasförmigen Verbrennungsproducte durch Erhaustoren hinweggesaugt, wodurch neue Luft nachzuströmen veranlaßt wird, im zweiten Falle wird durch

ein Gebläse Luft eingepreßt und dadurch das Verbrennungsproduct entfernt. Fast alle Heizungen im engeren Sinne finden bei natürlichem Luftzuge statt. Die vollständigste Verwerthung der entwickelten Wärmemenge geschieht nur dann, wenn dieselbe auch vollständig von dem zu erhitzenden Körper aufgenommen wird. Da dies in der Praxis jedoch nie erreicht werden kann, so hat man danach zu streben, von der erzeugten Wärmemenge so viel als möglich entweder direct zur Erwärmung des zu erhitzenden Körpers oder anderweit zu benutzen. Die vortheilhafteste Verwendung der erzeugten Intensität der Wärme findet unstreitig statt, wenn der zu erhitzende Körper dieselbe Temperatur annimmt, wie die der Verbrennungsproducte, welche durch die Verbrennung des Brennmaterials sich entwickelten.

§. 729.

Alle Heizungsanlagen bestehen aus drei Theilen, dem Feuerherd, dem Feuerraum und dem Schornstein. Zuweilen (wie bei dem in den Küchen angewendeten Herde) fallen Herd und Feuerraum in Eins zusammen. Der Herd (Feuerherd) ist der Ort, in welchem durch Verbrennung eines Brennmaterials zu Zwecken der Heizung Hitze erzeugt wird. Der Feuerraum ist der Ort, in welchem die erzeugte Wärme zunächst ihre Wirkung äußern und ihre Benutzung finden soll, und der Schornstein (Esse, Schlot, Rauchfang, Kamin) endlich ein in der Regel verticaler, seltener schräg oder in mehrfacher Richtung ansteigender Canal, in welchen mittelst eines kleinen engen Canales (Fuchs) die verbrannten Gase abgeleitet werden, während zugleich durch den Schornstein das Nachströmen frischer Luft auf das Brennmaterial bewirkt wird. Die Stärke des Luftzuges in einem Schornstein ist von mehreren Umständen abhängig, welche theils in der Construction der Schornsteine und dem damit in Verbindung stehenden Heizapparat, theils in Temperaturverhältnissen zu suchen sind, unter denen namentlich die Differenz der Temperaturen der inneren und der äußeren Luft, so wie die verticale Höhe des Schornsteines die Geschwindigkeit des Luftzuges bedingen. Dabei ist es indessen weniger von Belang, die wirkliche Geschwindigkeit im Schornsteine, als vielmehr die Steigkraft oder theoretische Geschwindigkeit zu kennen, weil davon die Lebhaftigkeit des Luftzuges, welcher an der engsten Stelle des ganzen Kanals, d. i. zwischen dem Roste und den Zwischenräumen des auf dem Roste befindlichen Brennstoffes stattfindet, so wie auch die Lebhaftigkeit der Verbrennung abhängig ist. Läßt man die Reibung und die Wärmeableitung durch die Essenwände außer Betracht, so verhält sich der Zug in Schornsteinen von verschiedener Höhe — bei sonst gleichen Umständen — wie die Quadratwurzeln aus diesen Höhen. Es wird demnach z. B. ein Schornstein

von 100 Fuß Höhe doppelt so stark ziehen, als ein solcher von 25 Fuß Höhe. Zur Hervorbringung eines lebhaften Luftzuges sind die verticalen Schornsteine die vortheilhaftesten. Der Zug ist ferner um so stärker, je weniger der heiße Gasstrom bei seinem Emporsteigen in dem Schornsteine abgekühlt wird, und je größer die Temperatur in dem Schornstein und je kleiner außerhalb desselben. Unter den gewöhnlichen Verhältnissen ziehen, bei übrigens gleichen Umständen, eiserne Schornsteine besser als gemauerte.

Für die Construction von starkziehenden Schornsteinen ergeben sich aus Versuchen und theoretischen Ermittelungen folgende Regeln:

a) der Schornstein soll senkrecht und möglichst hoch sein; die Schornsteine der Wohnungen müssen sich in der Regel der Form des Hauses und der Anordnung der Zimmer unterordnen und daher häufig von der verticalen Richtung abweichen, man hört sogar zuweilen die Ansicht aussprechen, als böten schräge Schornsteine Vortheile vor senkrechten dar. Da aber nur die Verticalhöhe den Zug bedingt, die Länge der Schornsteine aber wegen der Wärmeableitung und Reibung den Zug erschwert, so muß die verticale Richtung die vortheilhafteste sein, weil in ihr die heißen Gase die größte Höhe auf dem kürzesten Wege erreichen;

b) er soll so construirt sein, daß der heiße Gasstrom seine hohe Temperatur möglichst bis zur Mündung behalte; dies wird annähernd erreicht durch starke Wände, damit von Außen her wenig Wärme entzogen werde, ferner durch trockne Wände, weil sonst die aus ihnen entwickelten Wasserdämpfe die Temperatur des heißen Gasstromes erniedrigen würden;

c) die innere Schornsteinwand soll sowol hinsichtlich ihres Materials, als auch bezüglich ihrer Contouren die Reibung des heißen Gasstromes möglichst herabsetzen, d. h. die inneren Wände sollen so glatt als nur immer möglich sein.

Ob den Schornsteinen ein kreisförmiger oder ein quadratischer Querschnitt zu geben sei, darauf kommt wenig an; obgleich ein kreisförmiger Schornstein für einen gegebenen Inhalt die kleinste Oberfläche darbietet, was verringerte Reibung und Wärmeableitung zur Folge hat, so werden doch diese Vortheile zum Theil dadurch aufgewogen, daß die Aufführung eines cylindrischen Schornsteins weit kostspieliger ist, als die eines viereckigen. Was nun den Durchmesser der Schornsteine betrifft, so hat die Erfahrung gelehrt, daß dem Schornsteine ein solcher Durchmesser zu geben sei, wie sich dieser mit einer mäßigen Geschwindigkeit des aufsteigenden Luftstromes von ungefähr 3 Fuß in 1 Sekunde verträgt. Daß die Weite des Schornsteins hauptsächlich von der Größe des Rostes und letztere wieder von der Beschaffenheit des Brennmaterials und von der zur Verbrennung desselben erforderlichen Luft-

menge abhängt, liegt auf der Hand. Erfahrungsmäßig liegt das vortheilhafteste Verhältniß zwischen dem Flächeninhalte der Roströffnungen und dem des Querschnitts des Schornsteins zwischen 1 : 1 und 2 : 1.

§. 730.

Der Zustand der Atmosphäre ist von großem Einfluß auf den Zug in den Schornsteinen. Ein horizontal wehender Wind verändert im Allgemeinen das Ausströmen des Rauches aus einem Schornsteine nicht. Hat der Wind eine senkrechte Richtung von oben nach unten, so sind mehrere Fälle möglich. Ist die Geschwindigkeit des Windes der des Rauches im Schornsteine gleich, so hört das Aufsteigen des Rauches auf und der Rauch entweicht durch die Ofenthüre. Ist die Geschwindigkeit des Windes größer, als die des Rauches, so dringt die äußere Luft in den Schornstein ein und strömt mit dem Rauch durch die Ofen- oder Herdthüre aus. Ist endlich die Geschwindigkeit des Windes kleiner, so strömt der Rauch unverändert, doch mit verminderter Geschwindigkeit aus. Ist die Richtung des Windes von unten nach oben, so wird der Wind die Ausströmungsgeschwindigkeit des Rauches beschleunigen. Die Luftströmungen sind aber fast nie horizontal oder vertical, sondern sind immer mehr oder weniger gegen den Horizont geneigt; da man aber einen geneigten Strom als aus zwei Strömen, einem horizontalen und einem verticalen, bestehend ansehen kann, so ist aus dem Vorstehenden zu schließen, daß der Wind von günstigem Einflusse ist, wenn er sich erhebt, und ungünstig, wenn er fällt. Die Lufttemperatur influirt gleichfalls auf den Zug; je niedriger dieselbe, um so größer ist die Geschwindigkeit des Rauches. Im Winter ist demnach, unter sonst gleichen Umständen, der Zug und die Verbrennung lebhafter als in jeder anderen Jahreszeit. Die kältere Luft wirkt aber nicht nur durch Vergrößerung der Ausströmungsgeschwindigkeit, sondern auch dadurch, daß sie das Feuer mit weit dichterer Luft speist. Der Barometerstand hat einen leicht zu schätzenden Einfluß; je größer der Atmosphärendruck ist, desto dichter ist die kalte und warme Luft. Die Verbrennung ist um so lebhafter, je größer der Luftdruck, da die Dichte der die Verbrennung unterhaltenden Luft proportional ist dem Barometerstand und die Dichte der Luft durch vermehrte Sauerstoffzufuhr die Verbrennung begünstigt [1]). Der hygrometrische Zustand der Luft ist

[1]) v. Saussure beobachtete auf dem Montblanc bei einem Barometerstand von 570 Millimeter, bei welchem die Dichte der Luft nur $^3/_4$ von der Luft am Niveau des Meeres ist, daß die durch die Verbrennung von Holzkohlen erzeugte Wärme nicht mehr hinreichte, um die Verbrennung der Kohlen zu unterhalten, sondern daß er dazu eines Blasebalges bedurfte.

zwar ohne Einfluß auf den Zug im Schornsteine, wol aber auf den Verbrennungsproceß im Herde, da wegen Mangel an Sauerstoff die zum Brennmaterial tretende Luft die Verbrennung nur ungenügend zu unterhalten vermag. Der Einfluß, den die in der Luft enthaltene Feuchtigkeitsmenge auf die Verbrennung ausübt, kann so groß werden, daß der Betrieb eines Ofens eingestellt werden muß. Wenn dieser hygrometrische Einfluß der Thatsache zu widersprechen scheint, daß unter Umständen das Einführen von Wasserdämpfen in die Feuerung sehr vortheilhaft ist, so ist zu berücksichtigen, daß in solchen Fällen auf andere Weise für eine lebhafte Verbrennung gesorgt ist. Die directen Sonnenstrahlen drängen bekanntlich in einem Schornsteine, dessen Temperatur nicht sehr hoch ist, wie z. B. die unserer Zimmeröfen, den Rauch zurück. Eine genügende Erklärung dieser Erscheinung fehlt bis jetzt. Péclet nimmt an, daß die Umgebung der in der Regel durch den Rauch geschwärzten Schornsteinwände stark erhitzt worden sei, wodurch emporsteigende Luftströme entständen, welche um den minder erwärmten Schornstein herum entgegengesetzte Richtung haben, daher dem Zuge entgegenwirken und sogar ein Zurückdrücken des Rauches zur Folge haben können. Eine auf dem Schornstein angebrachte Haube beseitigt diesen Uebelstand.

§. 731.

Der Herd oder Feuerherd kann sehr verschiedene Beschaffenheit haben. Die roheste und mangelhafteste Einrichtung, welche auch nur bei sehr brennbaren Materialien wie Holz und Torf möglich ist, besteht darin, das Brennmaterial flach auf dem Herde auszubreiten und einen Luftstrom durch eine Oeffnung in der Ofenthüre hinzuleiten; sie ist deshalb mangelhaft, weil eine große Menge Luft, ohne mit dem Brennmaterial in Berührung zu kommen oder zur Unterhaltung des Feuers beizutragen, durch den Ofen hindurchzieht und einen großen Theil der Wärme mit sich fortführt. Die zum vollständigen Verbrennen des Brennmaterials erforderliche Luft soll durch das Brennmaterial strömen. Zu diesem Zweck ist die Unterlage für das Brennmaterial durchbrochen und besteht aus mehreren parallel neben einander gelegten Stäben von feuerfestem Thon oder Eisen, dem Rost. Die Zwischenräume der Roststäbe sollen eng genug sein, um die nicht vollständig verbrannten Kohlen zurückzuhalten, aber auch weit genug, um die Asche durchfallen zu lassen und der Luft hinreichenden Durchzug zu gestatten. Schornstein und Rost bedingen einander nicht nothwendig, wo aber keine besonderen Umstände dagegen vorhanden sind, ist es von Nutzen, beide Vorrichtungen zusammen anzuwenden. Der Raum unterhalb des Rostes heißt

Aschenraum oder Aschenfall; obgleich seine Bestimmung nicht nur die ist, die Asche aufzunehmen, sondern auch dem Roste und dem Feuerherde Luft zuzuführen. Auf der Sohle des Aschenfalles befindet sich zuweilen Wasser zum Auslöschen der durchfallenden glühenden Kohlen oder zur Entwicklung von Wasserdämpfen, welche die Verbrennung befördern sollen. Bei Feuerungsanlagen, die einen lebhaften Zug erfordern und die nicht wol mit hohen Schornsteinen versehen werden können, verbindet man den Aschenfall mit geräumigen unterirdischen Canälen, die sich nach den vier Himmelsgegenden erstrecken, damit man sie der Richtung des Windes nach benutzen und zwar den dem Winde zugekehrten Canal öffnen, die übrigen aber schließen könne.

§. 732.

Die Gestalt der den Rost bildenden Stäbe, so wie ihr gegenseitiger Abstand ist auf den Zug von großem Einfluß. Das gewöhnlichste Verhältniß des Flächeninhaltes der gesammten Rostöffnungen zu dem Flächeninhalte des ganzen Rostes liegt zwischen 1 : 3 und 1 : 4. Zuweilen legt man Doppelroste an, eine einfache, aber erfahrungsmäßig vortheilhafte Einrichtung, welche darin besteht, daß man zwei Roste 8—10 Zoll über einander anbringt. Während auf dem oberen Roste das Feuer brennt, fallen die kleineren Kohlenstückchen auf den unteren Rost, verbrennen dort gänzlich und fallen dann in den Aschenraum; die Luft, welche zu dem Feuer tritt, wird dann durch den Rost erwärmt. Zu dem Feuerungsraume führt seitwärts oder von oben eine Oeffnung, das Schürloch, durch welches Brennmaterial aufgeworfen wird; diese Feuerungsmethode trägt den Uebelstand, daß beim Oeffnen des Schürloches kalte Luft über den Rost gelangt, wodurch eine Abkühlung der Luft in dem Schornstein, also Verminderung des Zuges und Rauchbildung, mit anderen Worten Brennstoffverlust stattfindet. Die in neuerer Zeit erfundenen Treppenroste (grille à gradins, siehe unter: Rauchverzehrende Feuerungen), bei welchen die eisernen Stäbe zwischen den Seitenwänden des Feuerungsraumes treppenförmig in gewissen Zwischenräumen über einander liegen, haben den genannten Uebelstand nicht. Bei einem schwefelhaltigen Brennstoff werden die Roststäbe leicht zerstört; man läßt deshalb meist über dem eigentlichen Roste einen künstlichen Rost von zusammengesinterter Asche sich bilden, welcher auch die Verbrennung von Kohlenklein gestattet. Man hat auch für Kohlenklein die Anwendung von korbförmigen Rosten vorgeschlagen, bei welchen die Luft auch von der Seite zu dem Brennmaterial gelangt.

Ueber dem Roste befindet sich, wie schon erwähnt, der Feuerungsraum, wo die entwickelte Wärme ihre Benutzung finden soll.

Da nicht zu allen Perioden einer Heizung ein gleich starker Luftzug erfordert wird, so hat man Vorrichtungen zur Regulirung des Zuges; diese sind: 1) eine Schornsteinklappe, durch welche mit Hülfe einer Zugstange die obere Schornsteinmündung mehr oder weniger gesperrt werden kann, 2) ein Schieber oder Register im Fuchse oder in dem Schornsteine, 3) eine Thüre vor dem Aschenfalle.

I. Die Zimmerheizung.

§. 733.

Die Zimmerheizung kann auf verschiedene Weise vor sich gehen; je nach dem Umstande, ob strahlende oder geleitete Wärme die Heizung bewirkt, und nach der verschiedenen Construction der Heizungsapparate, unterscheidet man

1) Kaminheizung,
2) Ofenheizung,
3) Luftheizung,
4) Canalheizung,
5) Heißwasserheizung,
6) Dampfheizung,
7) Gasheizung.

Hinsichtlich der Construction des zu heizenden Raumes sind folgende allgemeine Bemerkungen vorauszuschicken. Wäre der zu heizende Raum, z. B. ein Zimmer, hermetisch verschlossen und wären die Wände Nichtleiter der Wärme, so würde eine sehr geringe Menge Brennmaterial hinreichen, die in dem Raume enthaltene Luft ein für allemal bis zu einer gewissen Temperatur zu erhitzen. Da aber die Thüren und die Fenster, namentlich die porösen Gesteine, aus denen das Mauerwerk besteht, eine fortwährende Luftcirculation gestatten, da ferner auch durch die Wände, das Material der Fenster und Wände fortwährend Wärme abgeleitet wird, so steigert sich der Brennstoffverbrauch außerordentlich. Eine genaue Schätzung dieses Wärmeverlustes ist nicht wohl ausführbar; die Lage gegen Norden oder Süden, der Einfluß des Windes auf die Abkühlung der Wände und Fenster, die größere oder geringere Trockenheit der Wände u. s. w. sind Umstände, welche auf den Wärmeverlust von größtem Einfluß sind. Nach Beobachtungen von Munke, die Abkühlung der Körper betreffend, lassen sich die Wärmeverluste approximativ in Zahlen ausdrücken. Folgende Tabelle giebt die Anzahl der Kubikfuße Luft an, die durch einen Quadratfuß der abkühlenden Fläche um die Temperaturdifferenz der inneren und äußeren Luft in einer Minute ab-

gekühlt werden, wobei von der Voraussetzung ausgegangen ist, daß die Wände durch Heizung schon die entsprechende Erwärmung erhalten haben.

1 Quadratfuß	Fensterglasfläche bewirkt eine Abkühlung von	0,300	Kubikfuß.
„	„	eiserner Fensterrahmen	0,051	„
„	„	Wände von gebrannten Steinen und Holz, wenn sie nach außen gehen, 6 Zoll dick,	0,011	„
„	„	Thüren, 1 Zoll dick,	0,017	„
„	„	Wände von Bruchsteinen, 2 Zoll dick, wenn sie nach außen gehen,	0,0063	„
„	„	dieselben Wände, an ungeheizte Räume stoßend,	0,0028	„
„	„	Wände von gebrannten Steinen, unter gleichen Bedingungen, 12 Zoll dick,	0,0018	„
„	„	Fußböden und Decken, wenn sie zu einem dem freien Luftzuge ausgesetzten Orte führen,	0,0063	„
„	„	dieselben, wenn sie an ungeheizte, aber geschlossene Räume grenzen,	0,0021	„

Der Wärmeverlust durch die durch die Undichtigkeit der Fenster und Thüren eindringende kalte Luft beträgt für jede Thüre in 1 Minute etwa 3 bis 4 Kubikfuß, für jedes Fenster gewöhnlicher Größe 2 bis 3 Kubikfuß. Erfahrung und Berechnung haben gelehrt, daß selbst bei der zweckmäßigsten Verwendung des Brennmaterials kaum $^1/_{16}$ der Erwärmung als wirklicher Nutzeffect erscheint. Soll demnach an Brennmaterial gespart werden, so läßt sich dies sowol durch Verminderung der Wärmeableitung durch Fenster, Thüren und Wände, als auch durch zweckmäßige Construction der Oefen erreichen.

Um die Abkühlung zu vermindern, bedient man sich sorgfältig gearbeiteter Doppelfenster, welche dadurch wirken, daß die zwischen ihnen eingeschlossene unbewegliche Luftschicht weder das Entweichen von warmer, noch das Eintreten von kalter äußerer Luft gestattet. Die Wärmeableitung durch die Wände nimmt mit der Dicke derselben und je weniger wärmeleitend ihre Oberfläche ist, ab, daher der Nutzen eines Tapetenüberzuges, des Austäfelns der Wände mit Holz u. s. w. Der Aufenthalt von Menschen in den zu heizenden Räumen, so wie das Brennen von Gas, Lampen und Kerzen verringern ebenfalls die Abkühlung, verschlechtern hingegen durch die Verbrennungs- und Respirationsproducte die Luft, wodurch dem Bestreben, der Abkühlung durch das Einströmen äußerer kalter Luft entgegenzutreten, eine natürliche Grenze gesetzt wird.

§. 734.

Eine directe Heizung von Räumen durch Verbrennen von Holz und anderem Brennstoff auf offenem Herde, in Kohlenpfannen und kleinen Oefen ohne Schornstein ist wol die erste und älteste Heizungsmethode gewesen und ist noch bei vielen uncivilisirten Völkern in Gebrauch. Mitten in ihren Hütten befindet sich ein Herd, dessen Rauch durch eine im Dache befindliche Oeffnung abzieht. Ziemlich häufig trifft man in den größern Städten Frankreichs die übele Gewohnheit, das Zimmer durch eine Kohlenpfanne zu heizen, wodurch die Luft nicht nur verschlechtert, sondern sogar zum Athmen gänzlich untauglich wird. 1 Kilogr. Kohle verwandelt allen in 9 Kubikmetern Luft enthaltenen Sauerstoff in Kohlensäure. Die Luft wird aber irrespirabel, wenn sie nur noch $^1/_3$ ihres ursprünglichen Sauerstoffgehaltes enthält, daher machen 1 Kilogr. Kohle 27 Kubikmeter Luft zum Athmen untauglich. Dazu kommt noch, daß ein großer Theil der Kohle nur zu Kohlenorydgas verbrennt, von welchem schon $^1/_{100}$, der Luft beigemengt, den Tod zu bewirken vermag. Es ist daher die unmittelbare Erwärmung der Luft durch die Brennmaterialien unter allen Umständen gefährlich. Gleichwol ist die neueste Art der Heizung, die Gasheizung, meist eine directe Heizung, insofern die Verbrennungsproducte — Kohlensäure und Wasser — sich mit der Luft des Zimmers mischen und dieselbe nothwendigerweise verschlechtern; da die Bildung von Kohlenorydgas beim Verbrennen von Gas nicht möglich ist, so ist allerdings die Gasheizung mit dem einen Uebelstande der älteren directen Kohlenfeuerung nicht behaftet.

§. 735.
Kaminheizung.

Die Kaminheizung ist seit langer Zeit in Gebrauch; sie gründet sich auf Erwärmung der Luft durch unmittelbare Ausstrahlung der Wärme des Feuers; da ein großer Theil der strahlenden Wärme sich in den umgebenden Wänden verliert, so kommt selbst diese nur zum Theil zur Wirkung. Diese Wärme beträgt für Holz und Kohlen nur $^1/_4$ bis $^1/_3$ derjenigen Wärme, welche sich überhaupt aus dem Brennstoff entwickelt. Sie ist unstreitig die unvollkommenste Heizungsart, da bei ihr ein außerordentlich großer Luftwechsel stattfindet, indem in das Kamin nicht allein die zur Unterhaltung des Feuers erforderliche Luft einströmt, sondern auch über die Flamme viel erwärmte Luft in den Schornstein geht, wodurch eine hermetische Abschließung des Zimmers zur Vermeidung der Abkühlung nicht möglich wird, denn sobald die große Quantität der in den Schornstein einströmenden Luft nicht

durch neue, durch Fenster und Thüren eindringende Luft ersetzt wird, entsteht ein niederwärts gehender Zug in dem Schornsteine und das Kamin fängt an zu rauchen. Die Kamine sind ferner mit dem Uebelstande behaftet, daß auch dann, wenn nicht geheizt wird, ein unangenehmer Luftzug im Zimmer stattfindet. Die Kaminheizung eignet sich deshalb in ihrer ursprünglichen Gestalt nur für Länder, welche mildes Klima oder Brennmaterial in Ueberfluß haben. Die Annehmlichkeit dieser Heizungsart, das Feuer beobachten und selbst unterhalten zu können, der fortwährende Luftwechsel und die Construction der Kamine, welche gestattet, die Füße fortwährend warm zu halten, während der übrige Körper kühl bleibt, welche ferner erlaubt, aus dem Heizapparate eine Zimmerdecoration zu machen, alle diese Umstände sind wol der Grund, daß man in England und zum Theil auch in Frankreich die Kaminheizung beibehalten hat.

§. 736.

Die Heizung mittelst strahlender Wärme durch Kamine hat in ihrer ältesten, einfachsten und unvollkommensten Form folgende Einrichtung: Am unteren Theile der Mauer, in welcher der Schornstein in die Höhe geht und unmittelbar unter dem Schornsteine befindet sich eine Nische, in der das Feuer brennend erhalten wird. Später hat man die Kamine dadurch verbessert, daß man sie weniger tief in die Mauer legte, damit ihre Wirkung sich mehr auf die Zimmerluft, als auf die Kaminwände erstreckte, daß man den oberen Theil der Nische dort, wo er in den Schornstein tritt, möglichst verengt und sowol diese Rauchöffnung, als auch die vordere große Oeffnung nach dem Zimmer zu mittelst Schieb- oder Flügelthüren verschließt.

Die von Rumford getroffene Verbesserung der Kamine besteht nicht nur in einer Verengerung der nach dem Schornsteine führenden Oeffnung des Kamins, sondern auch darin, daß er die Nische aus drei Seiten zusammensetzte, von denen die Rückwand mit der Mauerwand parallel läuft, die beiden Seitenwände aber unter Winkeln von 135° gegen die Rückwand geneigt sind. Da die Menge von unverbrannter Luft, welche in den Schornstein geht, weit geringer ist, als in den Kaminen gewöhnlicher Construction, so ist auch der Wärmeverlust weit geringer. Die Verminderung der Tiefe des Herdes und die Zusammenziehung der Seiten durch geneigte Mauern sind zweckmäßig wegen der Reflexion der Wärme und vortheilhaft in Bezug auf Brennmaterialersparniß. Um die reflectirte Wärmemenge zu vergrößern, belegt man die Seitenwände mit weiß glasirten Ziegeln oder mit polirten Messingplatten. Oft ist die Verbindungsöffnung des Kamines mit dem Schornstein mittelst einer um ihre Axe beweglichen Platte, welche man durch

eine Zahnstange in ihrer Lage erhält, regulirt. Durch diese Einrichtung läßt sich der Zug des Kamins vermindern.

Alle diese Einrichtungen haben das Unangenehme, daß die zur Verbrennung nothwendige Luft von den Fugen der Fenster und Thüren geliefert wird, wodurch Ströme von kalter Luft und auch von Rauch entstehen, wenn diese Fugen nicht eine der durch den Schornstein entweichenden Luft äquivalente Luftmenge liefern. Zuweilen wird die frische Luft durch ein Windrädchen im Fenster geliefert; wenn dadurch auch das Zurücktreten des Rauchs vermindert wird, so bleiben doch immer die kalten Luftströme. Franklin hat vorgeschlagen, die Luft von außen durch eine unter dem Fußboden liegende Röhre bis vor das Kamin zu leiten. Aber abgesehen davon, daß bei dieser Einrichtung die Luft im Zimmer nicht erneuert wird, hat dieselbe das Unangenehme, den Fußboden zu sehr abzukühlen.

§. 737.

Um neben der strahlenden Wärme auch einen Theil der geleiteten zu benutzen, ohne jedoch dem Kamine das Eigenthümliche zu benehmen, hat man den unmittelbaren Abzug der erwärmten Luft aus der Feuernische in den Schornstein verhindert und eine Circulation der erwärmten Luft, ähnlich wie bei den Zimmeröfen hergestellt. Diese durch Combination von Ofen mit Kamin entstandenen Feuerungen heißen Ofenkamine (cheminées-poëles). Unter ihnen zeichnen sich die von Franklin, Desarnod und Curaudeau aus.

Das Franklin'sche oder Pensylvanische Ofenkamin hat zwischen dem Feuer und der mit der Herdsohle in gleicher Höhe liegenden Schornsteinmündung einen an der vorderen Seite offenen Kasten von Gußeisen oder starkem Eisenblech, welcher bis auf 2 bis 2½ Zoll der Decke des Feuerraumes sich nähert und von der Rückwand etwa 4 Zoll absteht. Die erwärmten Verbrennungsgase gehen über diesen Kasten hinweg, zwischen dessen Rückseite und der Schornsteinwand abwärts und von da erst aufwärts in den Schornstein. Der Kasten ist durch Scheidewände in einen auf- und abwärtsgehenden Canal getheilt, welcher an der einen Seite oben, an der andern Seite unten mündet. Zu der unteren Oeffnung dieses Apparates strömt kalte Luft ein, zu der oberen warme Luft aus.

Das Ofenkamin von Desarnod beruht auf dem nämlichen Princip, nur befindet sich der Kasten, in welchen die kalte Luft eintreten und erwärmt ausströmen soll, unter dem Feuerherde. An jeder Seite ist eine Eintrittsöffnung, so daß jene Canäle entstehen, welche an der Rückwand in die Höhe gehen und an den beiden Seiten des Kamins münden. Das

Kamin steht nicht mehr in einer Nische in der Mauer, sondern im Zimmer und ist auf der Rückseite nicht mehr durch die Wand, sondern durch eine Eisenplatte geschlossen.

Das Kamin von Curandeau ist ein gewöhnliches Kamin, nur gehen die erhitzten Verbrennungsgase erst durch eine Röhrenleitung und dann erst in den Rauchfang.

Nachstehende Tabelle enthält die Resultate von mit vorstehenden Kaminen angestellten vergleichenden Versuchen. Die Zahlen der ersten Spalte geben die Temperaturerhöhung eines Zimmers von 100 Kubikmeter Capacität in Centesimalgraden durch die Verbrennung von 1 Kilogr. Holz; die Zahlen der zweiten Spalte bezeichnen das Gewicht Holz, welches in jedem der genannten Kamine verbrannt werden muß, um dieselbe Temperatur des zu heizenden Raumes zu erhalten:

Kamin gewöhnlicher Construction	0,148 ° C.	100
„ nach Rumford	0,379 ° C.	39
„ „ Desarnod	0,450 ° C.	33
„ „ Curandeau	0,714 ° C.	20,75.

§. 738.
Ofenheizung.

Die Ofenheizung ist die bei weitem gebräuchlichste. Man verlangt von einem rationell construirten Ofen (Zimmer- oder Stubenofen), daß er brennstoffschonend sei, daher die möglichst vollkommene Verbrennung des Brennmaterials zulasse, weil nur bei einer vollkommenen Verbrennung die größte Wärmeentwickelung daraus möglich ist; daß so viel als möglich die aus dem Brennmaterial entwickelte Hitze an die Ofenwände und den Ofenkörper abgegeben werde und so wenig als möglich in den Schornstein entweiche; daß der Zimmerraum auf einer gleichmäßigen Temperatur erhalten werde, und daß gehörige Ventilation dieses Raumes vorhanden sei. Da der Zimmerofen frei in dem zu heizenden Raume steht, so wird sowol die strahlende, als auch die geleitete Wärme realisirt und es geht in der That von dem Brennstoffe blos die Wärme verloren, welche mit den Verbrennungsgasen abzieht. Geht man von der Voraussetzung aus, daß die doppelte der zum Verbrennen erforderlichen Luftmenge durch den Feuerherd ziehe und die Verbrennungsgase (der Rauch) mit einer Temperatur von 150 ° C. entweichen, so geht bei Anwendung von trocknem Brennstoff etwa der siebente Theil aller Wärme verloren. Entweicht in den Schornstein Rauch von nur 75 °, so beträgt jener Verlust nur $^1/_{14}$. Der Wärmeverlust wird daher durch verlängerte Rauchcanäle verringert, wobei jedoch zu bedenken ist, daß der Rauch mit einer Temperatur mindestens von

75° in den Schornstein entweichen muß, damit der erforderliche Zug stattfinde. Es ist klar, daß in den Feuerherd nur die zum Verbrennen nothwendige Luft einströmen soll, weil der Wärmeverlust mit der überflüssigen Luftmenge zunimmt. Man regulirt das Zuströmen der Luft durch eine gut schließende Heizthüre. Nach der vollständigen Verbrennung des Brennstoffes muß für genaue Abschließung des Ofens von dem Rauchfange Sorge getragen werden, weil außerdem der Luftzug dem noch warmen Ofen viel Wärme entziehen und in den Schornstein abführen würde. Das Abschließen geschieht entweder durch eine gut schließende Heizthüre oder durch eine Klappe im Rauchrohre. Die Temperatur der Ofenwände soll 100° C. nicht übersteigen, weil außerdem eine gleichmäßige Heizung des Zimmers nicht zu erreichen ist. Es ist zweckmäßig, den Ofen vom Zimmer aus zu heizen; gegen die Heizung von außen gewährt sie den Vortheil einer fortwährenden Lufterneuerung und Brennstofferſparniß, weil beim Heizen von innen diejenige erwärmte Luft, welche beim Heizen von außen durch die Ausdehnung durch Thüren- und Fensterfugen entweicht, nun zur Heizung des Ofens benutzt wird; wird durch den Zug des von innen geheizten Ofens das Einströmen von kalter äußerer Luft durch die Fugen befördert, so wird auch dadurch das Entweichen von innen erwärmter verhindert.

§. 739.

Der Heizraum muß eine genügende Oberfläche besitzen, um die empfangene Wärme in einer gegebenen Zeit in dem Verhältniß nach außen abzugeben, als sie verloren geht. Die Materialien, aus welchen unsere Zimmeröfen construirt werden, sind Gußeisen, Eisenblech und gebrannter Thon (Kacheln und Ziegel). Das Eisen nimmt als guter Wärmeleiter die Hitze leicht auf; da die Dicke der Ofenwände in der Regel gering ist, so geht die Hitze des verbrennenden Brennmaterials leicht und rasch an die Umgebung über. Ein eiserner Ofen erregt deshalb in seiner Nähe eine unangenehme und stechende Hitze. Unterhält man das Feuer im Ofen, so nimmt das Zimmer in Bälde eine unerträglich hohe Temperatur an, läßt man das Feuer ausgehen, so bemerkt man nach kurzer Zeit eine völlige Abkühlung des Zimmers. Außerdem haben die eisernen Oefen noch einen anderen Uebelstand. Die in der Zimmerluft schwebenden Staubtheile, zum größten Theile organischer Natur, werden, wenn sie mit den glühenden eisernen Ofenwänden in Berührung kommen, zersetzt, wodurch sich ein widrig riechender, den Kopf einnehmender Geruch der Zimmerluft beimischt. Oefen, ganz von Eisen, sind nur dort zu empfehlen, wo es, wie in Hörsälen, Gasthofszimmern u. s. w., darauf ankommt, einen Zimmerraum möglichst schnell zu heizen und eine

fortdauernde Wärmezuführung nicht nothwendig ist. Um die strahlende Wärme des Ofens abzuhalten, umgiebt man denselben in einer Entfernung von 4 bis 6 Zoll vom Ofenkörper mit einem Blechschirme.

Die aus gebranntem Thon construirten Oefen sind bekanntlich ein weit schlechterer Wärmeleiter [1]), er kühlt sich aber unter gleichen Umständen fast eben so stark als Eisen ab. Der gebrannte Thon eignet sich demnach als Ofenmaterial besonders dann, wenn es sich um eine gleichmäßige Heizung handelt; so rasch und so reichlich diesem Material auch die Wärme dargeboten werden mag, stets wird es die Wärme bei weitem langsamer und nur nach und nach abgeben. Da während der Verbrennung des Brennstoffes von dem gebrannten Thon stets eine größere Menge Wärme aufgenommen, als abgegeben wird, so verrichtet der Thon die Function eines Wärmemagazins.

Gemischte Oefen, bei welchen der Heizkasten aus Eisen und der Aufsatz aus Kacheln besteht, vereinigen in gewisser Hinsicht die Vortheile der eisernen und der Kachelöfen, indem durch den eisernen Feuerraum die Heizung des Zimmers beschleunigt wird, der obere aber zum Aufspeichern der Wärme dient.

Je nach dem Ofenmaterial unterscheidet man die Zimmeröfen als

a) Leitungsöfen,

b) Massenöfen,

c) gemischte Oefen.

Die eisernen Oefen nennt man Leitungsöfen, insofern sie die im Feuerungsraume entwickelte Wärme so schnell als möglich durch sich hindurchleiten und an die Zimmerluft abgeben. Bei den thönernen Massenöfen geschieht die Erwärmung nicht durch Kanäle oder den Feuerungsraum, sondern dadurch, daß diejenige Wärme, welche während der Verbrennung des Brennstoffes von dem Thone aufgenommen wurde, auch nach dem Verlöschen des Feuers langsam und gleichmäßig an die Zimmerluft abgegeben wird. In dem größeren Theile von Deutschland bedient man sich, mit wenigen Ausnahmen, der Leitungsöfen und der gemischten Oefen, in Rußland und Schweden der Massenöfen.

---

[1]) Setzt man das Wärmeleitungsvermögen des Goldes = 1000, so ist

das von Eisen	374,3
„ „ Marmor	23,6
„ „ Porcellan	12,2
„ „ gebranntem Thon	11,4.

§. 740.
Leitungsöfen.

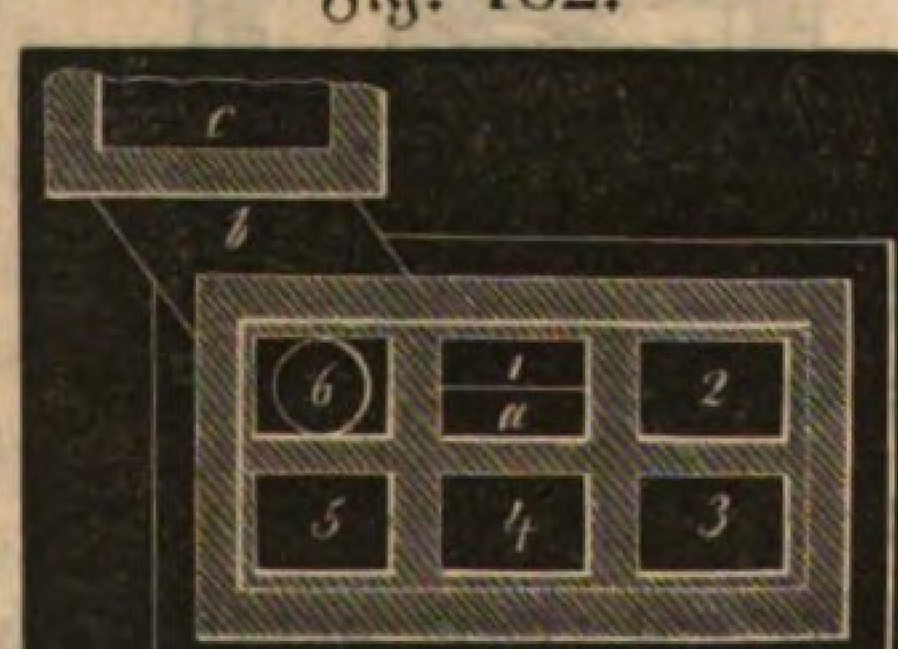
Die Leitungsöfen haben sehr verschiedene Construction. Die älteste ist ohne Zweifel die noch jetzt häufig benutzte Form der Kanonenöfen, ein kanonenähnlicher hohler gußeiserner Cylinder, am oberen Theile mit einem Blechrohre, am unteren mit einer Heizthüre versehen. Sie haben in der Regel ein sehr kurzes Rauchrohr, das sofort in den Schornstein mündet, und sind daher keineswegs brennstoffschonend. Um der Brennmaterialverschwendung zu steuern, wendet man entweder ein langes Rauchrohr an, was aber nicht nur den Heizapparat vertheuert, sondern auch von kurzer Dauer ist, da innerhalb des Rohres sich eine Flüssigkeit bildet (bei Holzfeuerung Holzessig, bei Steinkohlenfeuerung ammoniakalisches Wasser), welche sehr bald das Rohr zerstört; oder man giebt dem Ofen im Innern mehrere verticale Züge, in welchen die Verbrennungsgase einigemal auf- und absteigen, ehe sie in den Schornstein gelangen.

Die sogenannten Durchsichtsöfen, welche wegen der zwischen den Feuerzügen bleibenden Zwischenräume den Vortheil einer großen, der Zimmerluft dargebotenen Fläche mit gefälliger Form und der Bequemlichkeit, die sogenannten Röhren zum Hineinstellen von Gefäßen benutzen zu können, vereinigen, sind entweder ganz von Eisen oder bestehen aus einem eisernen Unterofen mit einem thönernen Aufsatze.

§. 741.
Massenöfen.

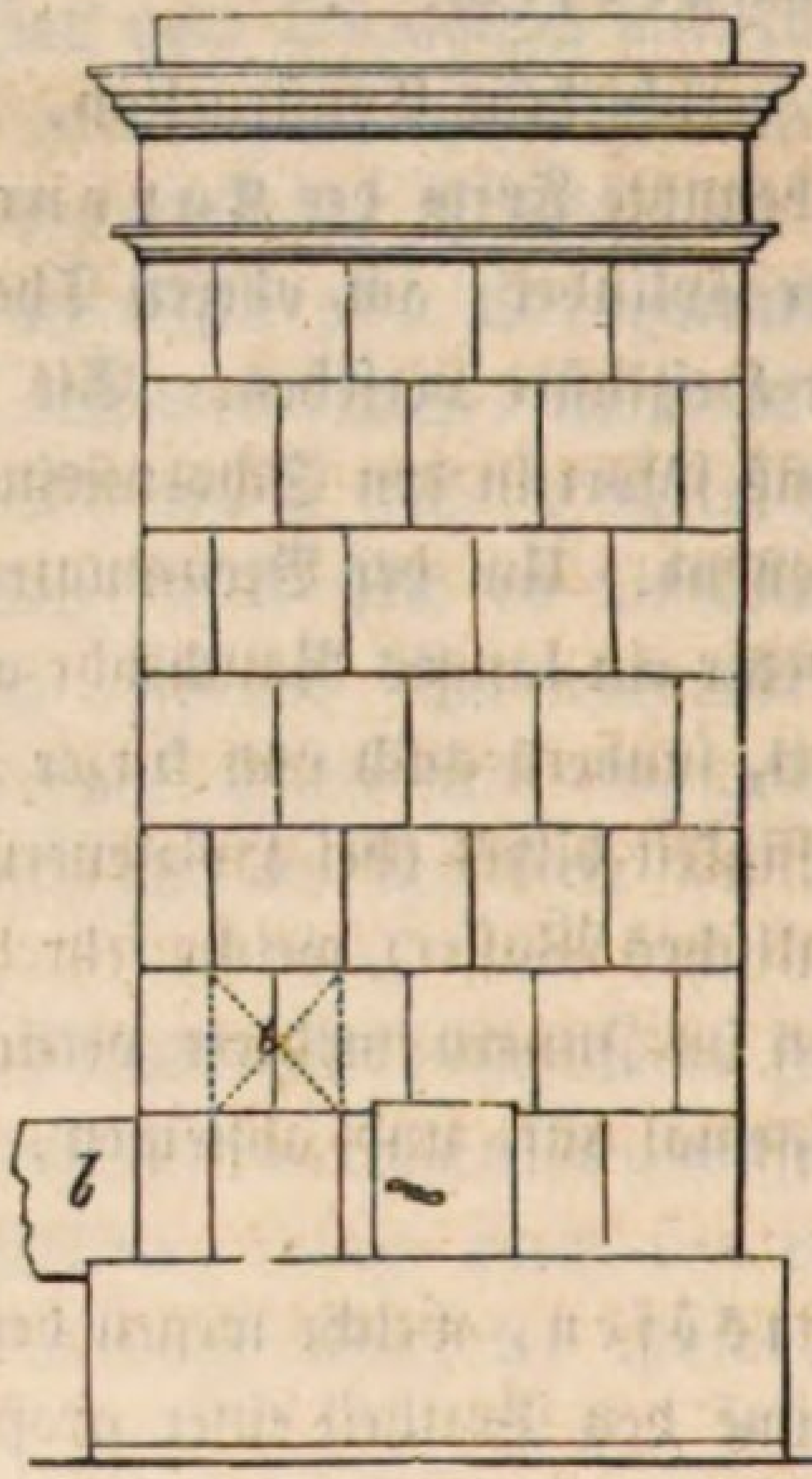
Von den Massenöfen sind die russischen und die schwedischen Oefen zu erwähnen. Diese Oefen bestehen aus dicken Kacheln aus gebranntem Thon, welche durch eine starke Füllung noch mehr Körper erhalten und so ausgefüttert werden, daß sie eine Stärke von 7 Zoll und darüber erhalten. In dieser Hülle befinden sich verticale Canäle zur Leitung der Verbrennungsgase, deren Anzahl von 4, 6 bis 12 steigt.

Fig. 182.



Ein russischer Ofen ist länglich viereckig und hat sechs Rauchcanäle. Fig. 182 zeigt den Grundriß, Fig. 183 eine Ansicht der langen, Fig. 184 der schmalen Seite und Fig. 185 den Längendurchschnitt dieses Ofens. a ist der mit einem Gewölbe überdeckte Feuerraum, aus diesem steigt das Feuer in dem Canale 1 in die Höhe, fällt in 2 wieder ab-

Fig. 183. Fig. 184.



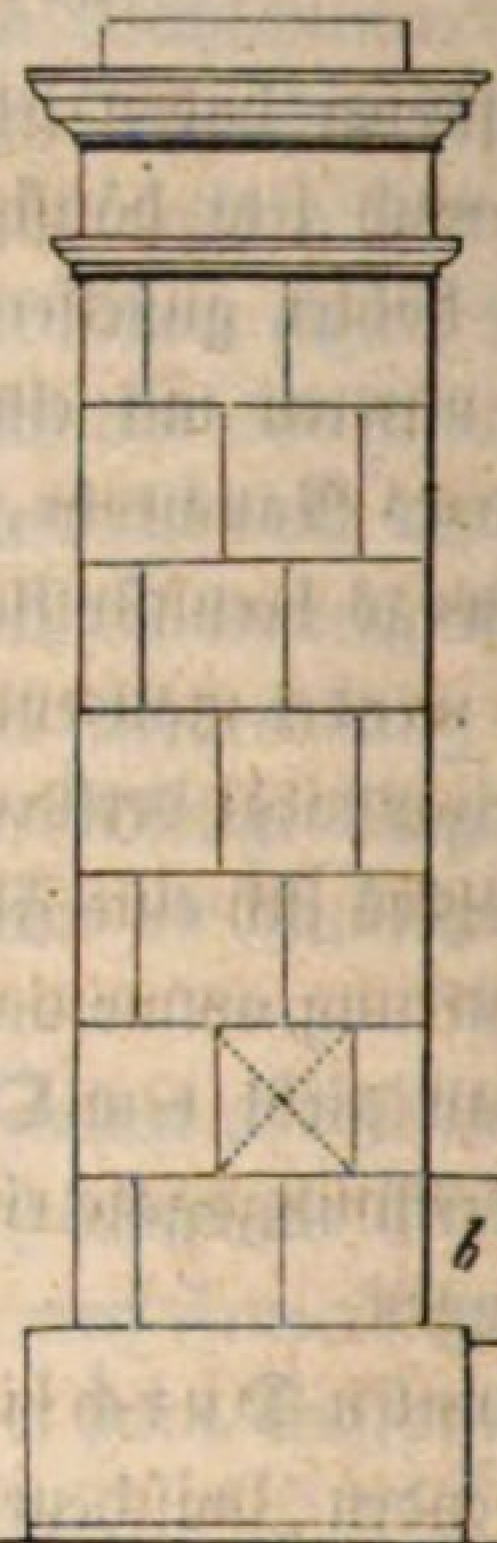
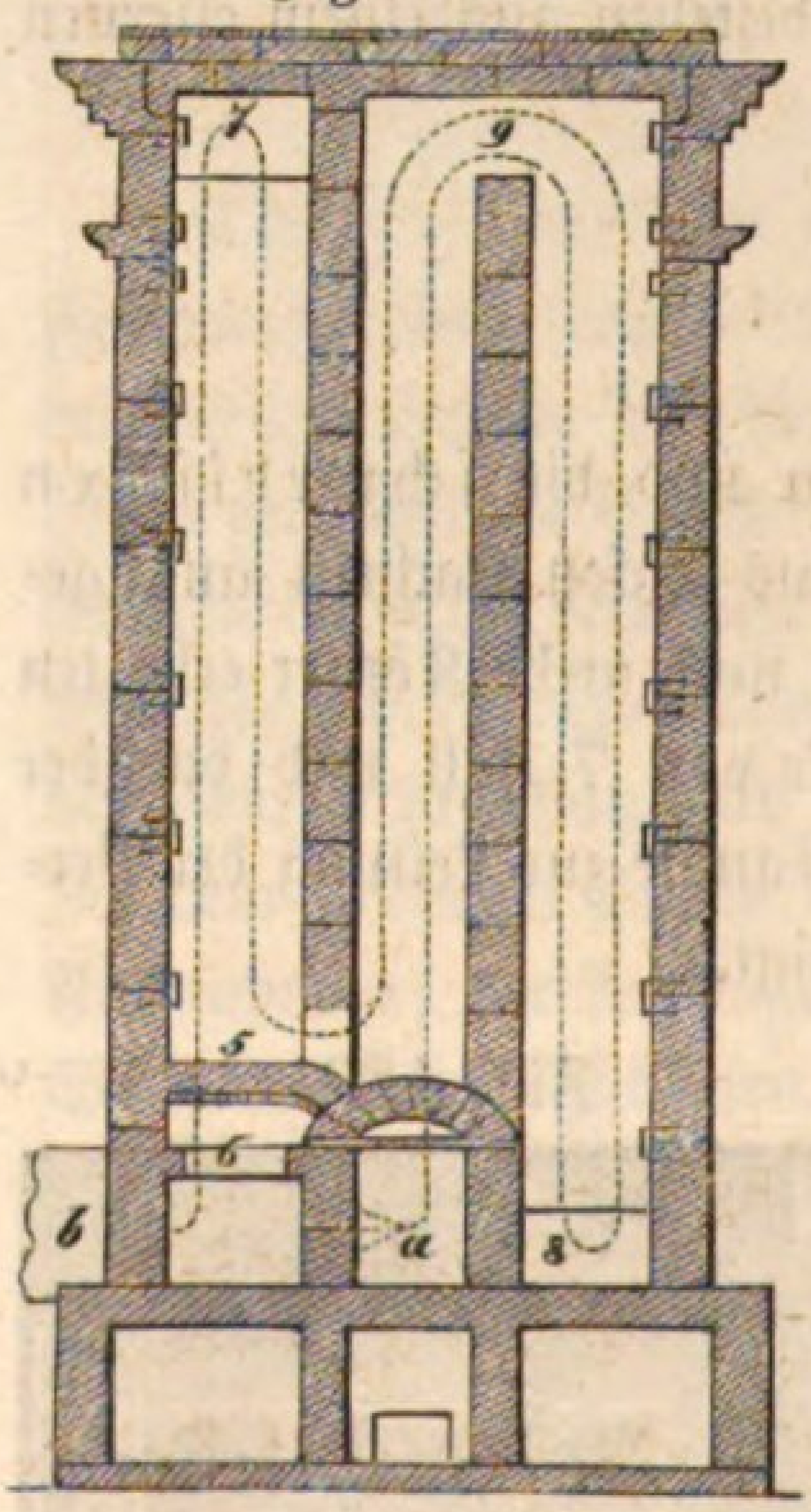


Fig. 185.



wärts, steigt wieder in 3, fällt in 4, steigt in 5, fällt in 6, von wo aus es durch das Ofenrohr in den Schornstein gelangt. Jeder dieser Oefen hat ein 6—10 Zoll weites Rauchrohr (einen russischen Schornstein) für sich, welches möglichst vertical bis zum Dache hinaus aufgeführt wird; diese engen Schornsteine haben sich außerordentlich bewährt und auch in Deutschland seit geraumer Zeit schon eingebürgert. Da ein russischer Ofen als Wärmemagazin dienen soll, so ist ein hermetischer Abschluß nothwendig, sobald das Feuer erloschen ist. Dieser Abschluß wird durch eine besondere Vorrichtung, die sogenannte Gusche (russisch Wiuschke) erreicht. In der Nähe der Verbindung des letzten Canales mit dem Rauchrohre ist eine viereckige Platte aus Gußeisen (Fig. 186, 187 und 188) eingemauert; diese Platte hat in der Mitte eine Oeffnung von sieben bis acht Zoll Durchmesser mit einem aufrecht stehenden Halse von einem Zoll und innerhalb

Fig. 186.

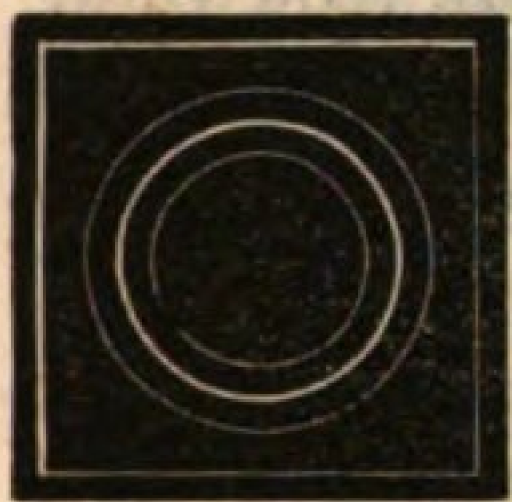


Fig. 187.

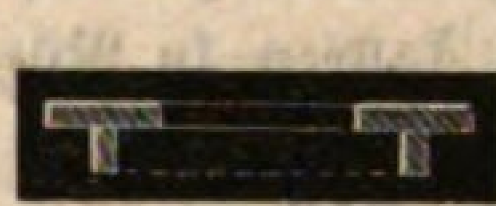


Fig. 188.



vorstehendem Rande von 3/8 Zoll. Ein gußeiserner, mit einem Griff versehener Deckel a paßt auf die Oeffnung, ein zweiter größerer Deckel b mit vorspringendem Rande paßt über den Hals und verschließt das Ganze. Beim Heizen wird der Feuerraum mit kurz gesägten Holzstücken gefüllt, das Holz bei zuerst offener Thür in Brand gesetzt und dann die Thüre geschlossen, so daß die Luft durch ihre Oeffnungen einströmt. Die Verbrennung muß so lebhaft als möglich vor sich gehen; auf diese Weise theilt sich die Wärme der Ofenmasse am schnellsten mit, es bildet sich kein Rauch und der anfänglich entstandene Rauch wird bei der später entwickelten hohen Temperatur wieder verbrannt. Diese Oefen bedürfen daher des Reinigens nicht. Sollen dieselben mit Steinkohlen geheizt werden, so sind sie mit Rost und Aschenfall zu versehen. Die äußere Seite dieser Oefen wird mit Porcellanplatten oder glasirten Kacheln belegt.

Man giebt an, daß ein gut gebauter russischer Ofen ein Zimmer von 18—20 Fuß im Quadrat mit 30—45 Pfund Birkenholz auf 18—20° C. erwärmt und diese Temperatur 24 Stunden lang in einem solchen Grade erhält, daß täglich nur eine Einfeuerung nothwendig ist, wenn auch die äußere Temperatur bis auf 25° gesunken sein sollte. Der russische Ofen ist für ein Klima mit strengem und anhaltendem Winter berechnet und wird deshalb in Deutschland nie heimisch werden, namentlich da zwischen Einheizen und Erwärmen des Zimmers eine zu lange Zeit vergeht.

§. 742.

Der schwedische Ofen ist von den russischen Oefen im Wesentlichen nur dadurch unterschieden, daß er gewöhnlich von runder Form ist und beinahe bis an die Decke des Zimmers reicht. Der Feuerzug steigt in der Mitte des Ofens in die Höhe, von da aus in zwei Canälen wieder abwärts, nochmals in zwei Zügen, welche sich über dem mittleren Canale vereinigen, aufwärts und von hier aus durch das in der Decke des Ofens befindliche Rohr in den Schornstein. Der Verschluß des Rohres wird mit Hülfe eines Schiebers bewirkt, der die Oeffnung in der oberen Decke versperrt. Man bewirkt dies mit Hülfe einer über Rollen laufenden Schnur. Das Brennmaterial

wird auf einmal in den Feuerraum gebracht und nach dem Verbrennen desselben das Register der Heizthüre, so wie des Rauchrohres genau verschlossen. Modificirte schwedische Oefen, sogenannte halbschwedische Oefen sind durch Engelhart vor etwa 25 Jahren in Nürnberg eingeführt worden.

§. 743.
Gemischte Oefen.

Unter den gemischten Oefen hat der Feilner'sche Ofen, welcher als eine Modification des russischen Ofens anzusehen ist, eine gewisse Berühmtheit erlangt, so daß er nicht übergangen werden darf. Der Erfinder dieses Ofens, T. Ch. Feilner in Berlin (gestorben 1843), ist als der Erste in neuerer Zeit anzuführen, welcher Zweckmäßigkeit und Eleganz in die Ofentöpferei einführte und seinen Oefen, weit über die Grenzen Deutschlands hinaus, Absatz und Geltung verschaffte.

Beistehende Figuren (Fig. 189 bis 192) zeigen außer vier verschiedenen Grundrissen des Ofens nach den Höhen genommen, wie er durch die entsprechenden Buchstaben in den Durchschnitten bezeichnet ist, die Längen- und

Fig. 189.

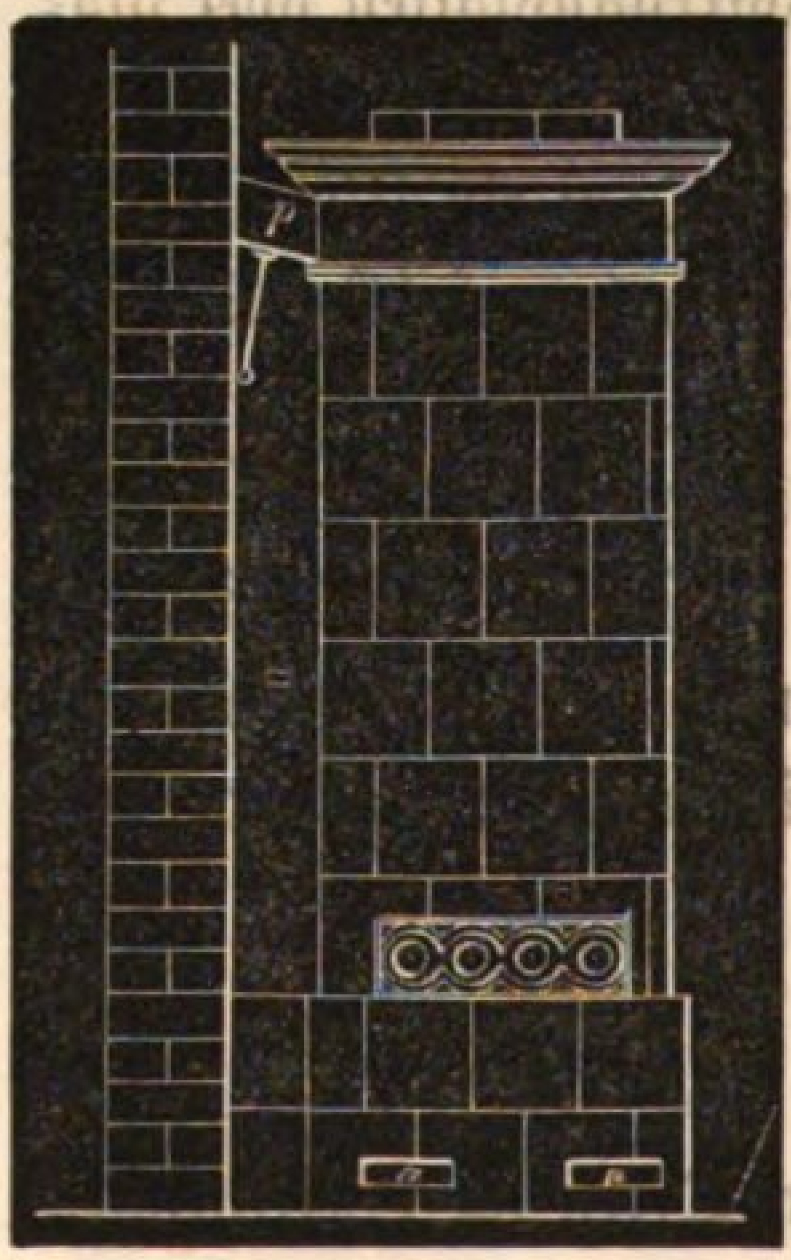


Fig. 190.

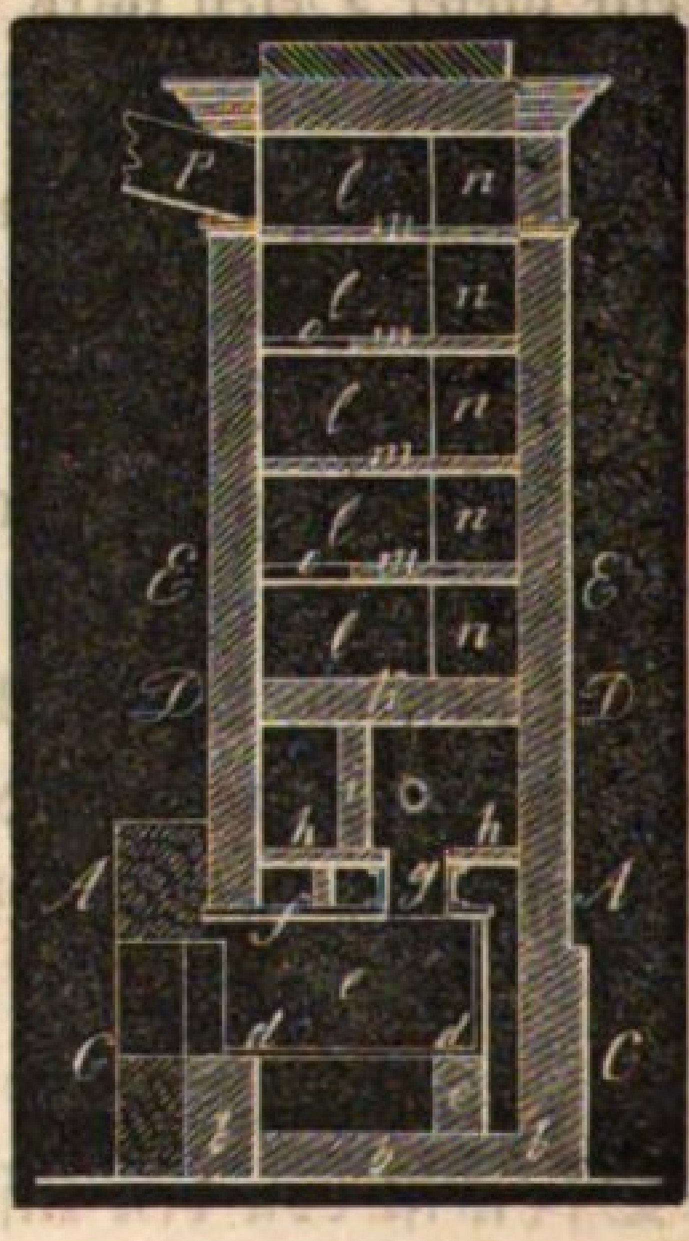


Fig. 191.

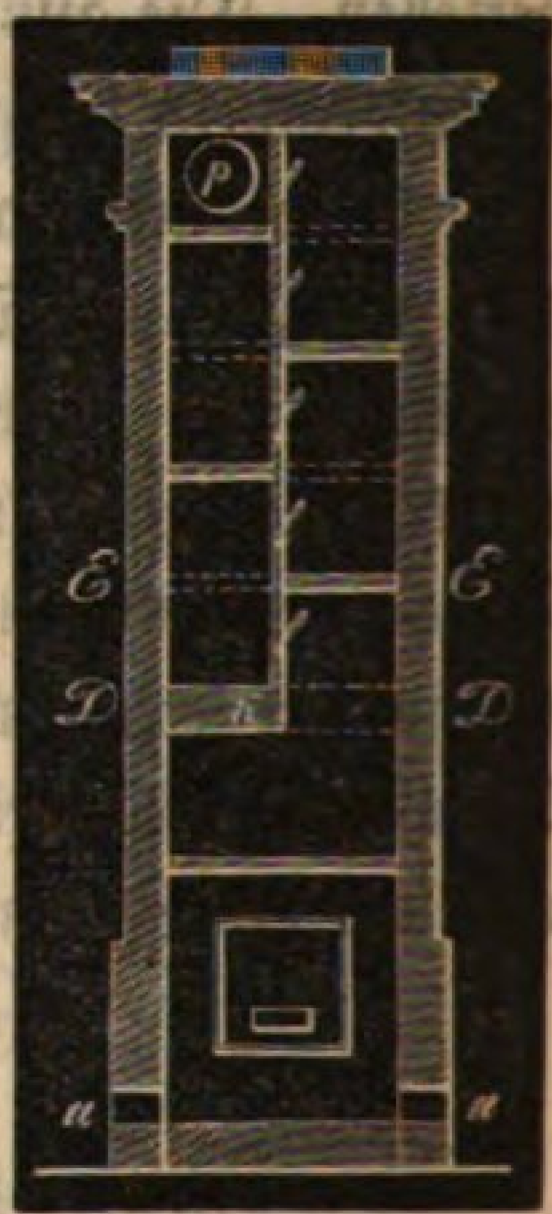
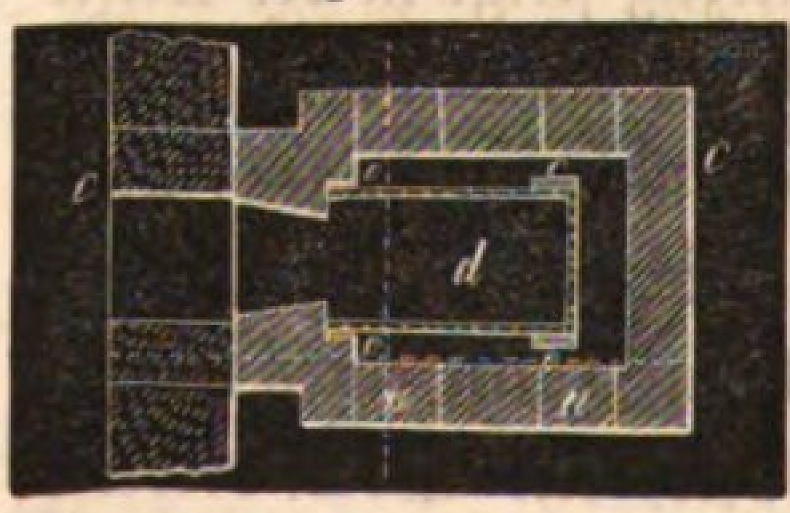


Fig. 192.



Querdurchschnitte des Ofens und zwar Fig. 189 die vordere Ansicht von der langen Seite des Ofens, Fig. 190 das Profil nach der im Grundriß angedeuteten Linie A A, Fig. 191 Querschnitt nach der Linie B B; Fig. 192 Querschnitt nach der Linie C C. Der Feuerherd dieses Ofens ist ein eiserner, von den umgebenden Thonwänden abstehender Kasten, welcher auf der oberen Deckplatte an einem Ende mit einer

runden Oeffnung versehen ist, in welche ein 4—6 Zoll hohes Rohr eingesetzt wird; durch diesen Cylinder muß sich die ganze Feuermasse durchpressen, um in die Züge zu gelangen. Eben so wie bei dem russischen Ofen findet hier eine vollständige Verbrennung ohne Rauch- und Rußbildung statt und ein großer Theil der entwickelten Wärme theilt sich den Ofenwänden mit. Damit die Züge möglichst wirken, wird der Ofen durch eine verticale Scheidewand in zwei Theile getheilt; an diese Scheidewand sind horizontale Scheidungen angebracht, so daß die heißen Verbrennungsgase sich durch die so gebildeten Gänge hindurch bewegen und immer von der einen Hälfte des Ofens in die andere übergehen müssen, bis sie oben angekommen sind. Die Verbrennungsgase durchlaufen in diesen Oefen einen Weg von 25—30 Fuß, ehe sie in das Rauchrohr gelangen, dabei berühren sie die äußeren Ofenwände auf etwa 33 Quadratfuß Fläche, so daß ihnen hinlänglich Gelegenheit geboten ist, ihre Wärme abzugeben. Da der eiserne Feuerungsraum von allen Seiten frei steht, so findet sofort nach dem Einheizen auch Erwärmung des Zimmers statt. In dem unteren Theile des Ofens ist eine Art Luftheizung angebracht; durch daselbst vorhandene zwei Oeffnungen a a (Fig. 189) tritt kalte Luft unten ein, welche bei ihrem Emporsteigen so stark erhitzt wird, daß sie heiß durch die Fig. 189 angedeutete durchbrochene Verzierung in das Zimmer strömt. Wird nach beendigter Verbrennung die Verbindung der Züge mit dem Schornstein durch die Klappe unterbrochen, so nimmt der obere, aus Kacheln bestehende Theil des Ofens eine solche Temperatur an, daß ein zweites Einheizen an einem Tage überflüssig ist.

b b b ist der aufgemauerte Boden des Ofens, c c Stützen, welche die gußeiserne Bodenplatte d d des eisernen Kastens aufnehmen sollen, e sind die drei Seitenplatten, f f die Deckplatte des Feuerkastens, g ist das auf der Deckplatte befindliche Rohr, durch welches die Verbrennungsgase in die Züge treten. Die auf der Deckplatte vorhandenen Mauerziegel tragen die Decke h h; letztere besteht aus einer Blechtafel, in welcher eine runde Oeffnung ist, von solcher Weite, daß das Rohr g das Blech nicht berührt. Auf dieses Blech kommt eine mit den Ofenwänden verbundene Decke aus Dachziegeln und zwar so, daß sie von dem Kranze des Rohres g etwas absteht, wodurch mithin eine Vertiefung sich bildet, welche mit trocknem Sand oder mit Asche ausgefüllt wird. Diese Vorrichtung soll das Mauerwerk von dem Eisen isoliren, damit durch die Ausdehnung des Eisens das Mauerwerk nicht auseinandergetrieben werde. Die Mauerziegel i bilden die Scheidewand, auf welcher die Decke k ruht; l l ist die ebenfalls aus Mauerziegeln bestehende Wand, welche, wie oben erwähnt, den Ofen in zwei Theile theilt. Die Ziegel stehen auf den Decken n n und sind nur so lang, daß jede der Oeffnungen n n sieben Zoll

von der gegenüberstehenden Steinwand absteht; durch diese Oeffnungen gehen die Verbrennungsgase von einer Seite des Ofens in die andere über; durch die Oeffnungen o o steigt der Rauch in die Höhe, p p ist das an dem letzten Canal angebrachte Rauchrohr.

Bei dem Feilner'schen Ofen geht mithin das Feuer aus dem Feuerkasten e durch das Rohr g, stößt an die Decke k, wendet sich hier um die Wand i, geht durch die Oeffnung o in den Canal n und endlich in das zum Schornstein führende Rauchrohr.

§. 744.

Beachtenswerth ist ferner der auf Braunkohlen eingerichtete Henschel'sche Ofen, welchen Fig. 193 im verticalen, Fig. 194 im horizontalen Durchschnitt nach der Linie A B zeigt. Dieser Ofen besteht aus zwei Cylindern, einem äußeren von Gußeisen a und einem inneren von starkem

Fig. 193.

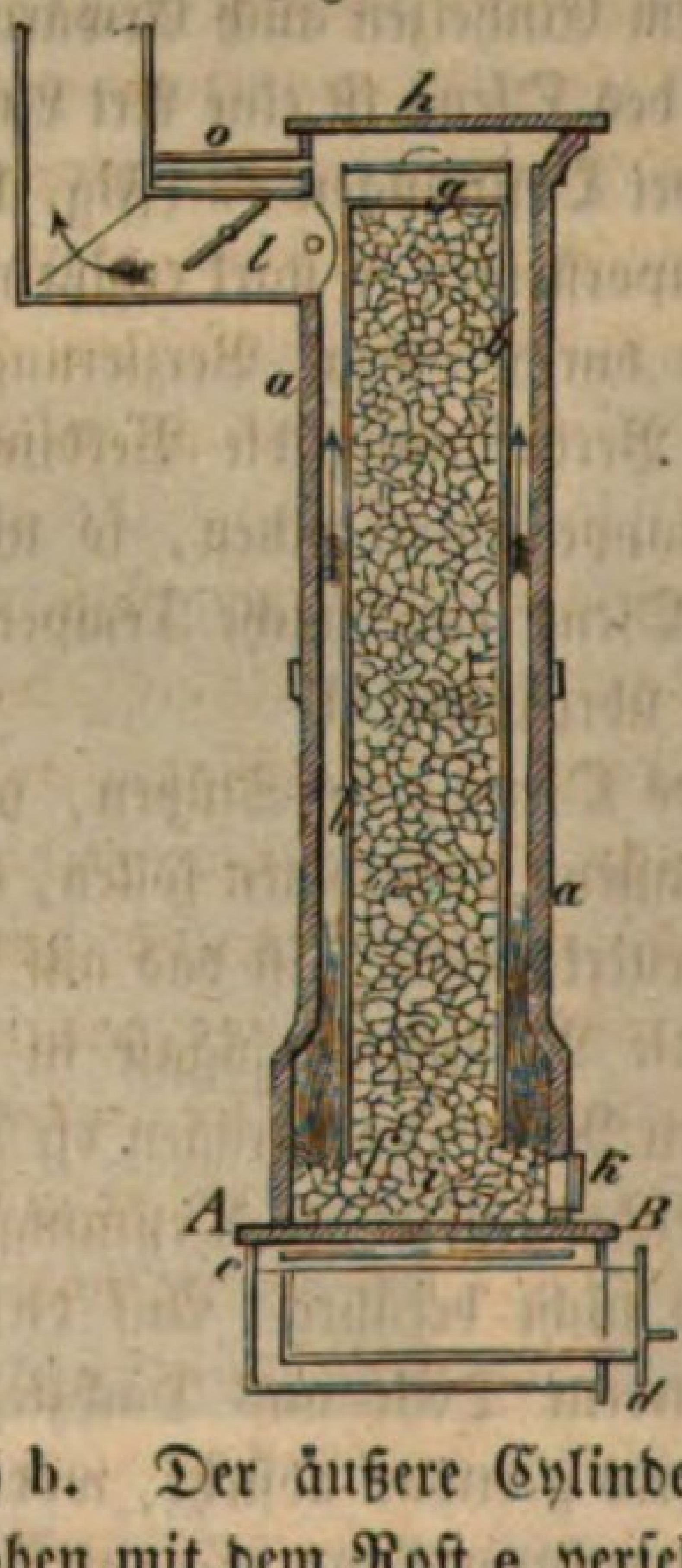
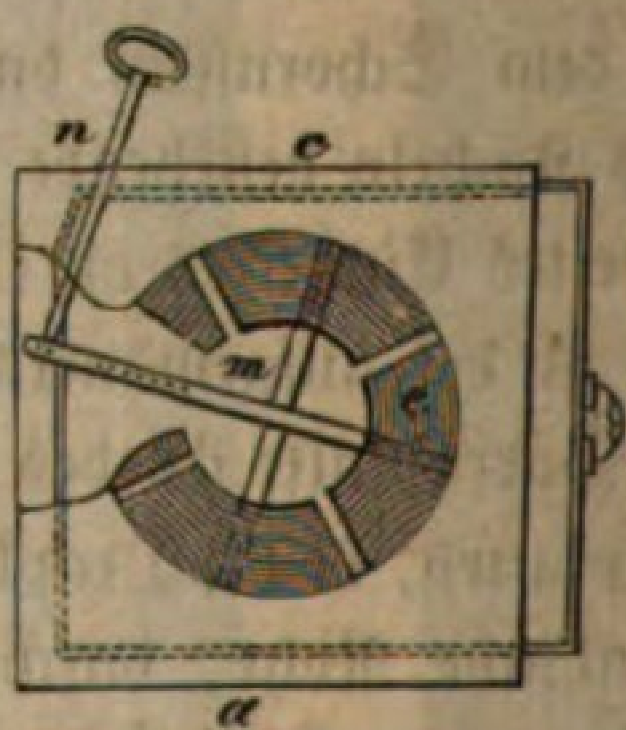


Fig. 194.



Eisenblech b. Der äußere Cylinder steht auf dem viereckigen Aschenkasten cd, der oben mit dem Rost e versehen ist. Der innere Blechcylinder reicht nicht bis zum Roste und läßt sich durch den gut schließenden Deckel g verschließen. Der äußere Cylinder wird durch den Deckel g verschlossen. Beim Gebrauch wird der Blechcylinder mit Braunkohlenstückchen angefüllt; es werden beide Cylinder durch ihre Deckel verschlossen und die Braunkohle im Feuerraume i durch k entzündet. Die Verbrennung kann begreiflicherweise nur auf dem Roste vor sich gehen, wobei der Luftzug zwischen den beiden

Cylindern nach oben geht und durch das Rohr l abzieht. Die in dem Blechcylinder befindliche Braunkohle sinkt in dem Verhältniß, als die Verbrennung fortschreitet, auf den Rost herab. Die auf dem Rost sich nach einiger Zeit ansammelnde Asche, welche die Verbrennung unterbrechen würde, wird durch das unter dem Rost befindliche drehbare Kreuz m, welches mit einigen, zwischen den Roststäben durchgehenden Stäben versehen ist und von außen durch n leicht bewegt werden kann, beseitigt. Durch das Rohr o soll der im oberen Theile des Ofens etwa vorhandene Rauch abgeleitet werden. Ein solcher Ofen brennt in der Regel 48 Stunden.

§. 745.

Da man gegenwärtig auch zur Zimmerheizung das Holz immer mehr durch Steinkohlen ersetzt, so ist es aus Rücksichten der Reinlichkeit und hauptsächlich der Gesundheit geboten, die Heizapparate so einzurichten, daß sie keinen Rauch entwickeln. Es ist deshalb der rauchverzehrende Herd von Boquillon als ein Anfang, die angedeutete Richtung zu verfolgen, von Wichtigkeit. Das Princip des in Rede stehenden Heizapparates besteht darin, die Destillationsproducte der Steinkohlen durch irgend eine Vorrichtung zu veranlassen, durch einen Theil der glühenden Koks zu strömen, welche von einem früheren Schüren herrühren, indem dadurch die Temperatur dieser gasförmigen Producte erhöht und eine vollständige Verbrennung derselben herbeigeführt wird.

Boquillon wendet vorzugsweise zwei Formen an: Die erste läßt sich am besten mit einer Heuraufe (für Pferdeställe) vergleichen, welche sich um zwei horizontale Zapfen dreht und aus einer Anzahl von Gittern besteht, die eben so viele Thüren bilden, welche sich um Zapfen drehen. Die am obern Theile befindlichen Thüren bleiben durch ihr eigenes Gewicht auf den beiden Endplatten der Cylinder liegen, wogegen die am unteren Theile vorhandenen durch zwei Kreisbogen festgehalten werden, die an der inneren Fläche, welche die Cylinderzapfen tragen, befestigt sind. Es folgt aus dieser Einrichtung, daß der Apparat an seinem oberen Theile stets eine zu öffnende Thür hat.

Angenommen, der Apparat habe die erste Steinkohlencharge erhalten und enthalte nur noch glühende Koks. Man öffnet nun die obere Thür und schürt Kohlen ein, verschließt die Thür wieder und dreht den Apparat so, daß die Destillationsproducte der Steinkohlen einen Theil der glühenden Koks durchströmen müssen, ehe sie in den Schornstein gelangen.

Um die entwickelte Wärme so vollkommen als möglich zu benutzen, hat der zur Zimmerheizung verwendete Apparat folgende Einrichtung: Der cylindrische Rost befindet sich in einer Art Gerinne, welches Aehnlichkeit mit

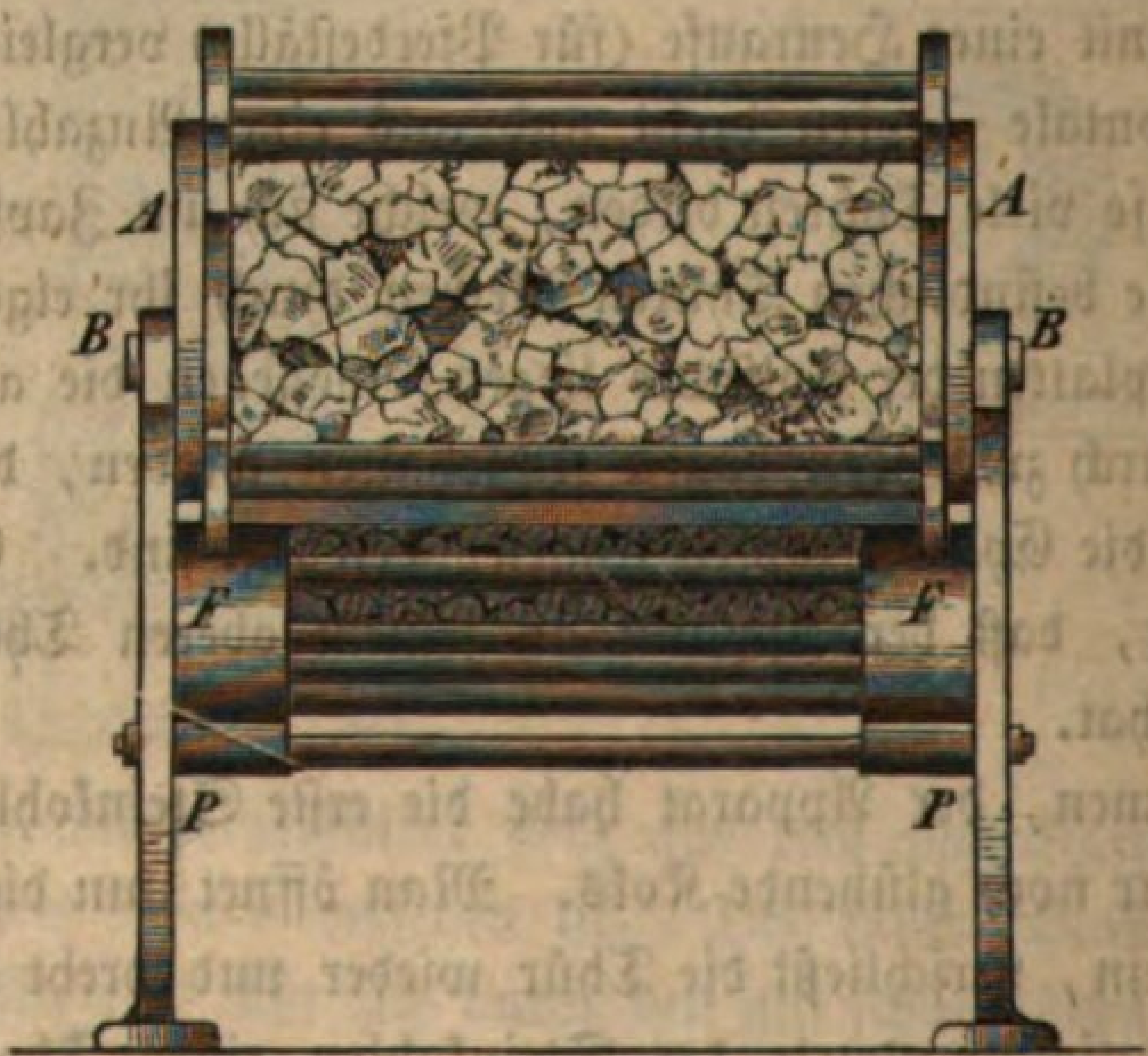
dem Mantel oder Knopf eines mittelschlägigen Wasserrades hat und dessen Boden als Aschenfall dient; er berührt fast die senkrechte Wand, welche in einen kleinen Rauchmantel ausläuft, der einen kleinen, aber hinreichenden Theil des Rostes bedeckt. Um die gewöhnlich in den Schornstein entweichende Hitze zu benutzen, müssen die Verbrennungsgase eine Reihe von blechernen Zügen durchlaufen, die eine Art Ofen bilden. Durch diese Einrichtung wird alle Hitze des Herdes in das Zimmer ausgestrahlt und außerdem gewinnt man noch die des Blechofens.

§. 746.

Die zweite Herdform kann man durch Wegnahme einer oder mehrerer Thüren des ersteren herstellen: sie bildet alsdann einen gewöhnlichen Herd, der an zwei Zapfen hängt, oder vielmehr dessen hinterer voller Theil die Form einer Schale hat. Ein bloßes Senken dieses hinteren Theiles veranlaßt ein Gleiten des Koks in die Vertiefung dieses Theiles und gestattet das Einschüren von frischen Kohlen an der Vorderseite. Der Apparat wird wieder aufgerichtet; ein Theil des brennenden Koks bedeckt die frische Kohle, deren Verbrennung unter den oben erwähnten Umständen erfolgt.

Der erwähnte erste Apparat besteht aus folgenden Theilen, wobei Fig. 195 die Seitenansicht, Fig. 196 aber den Aufriß zeigt. A, A sind

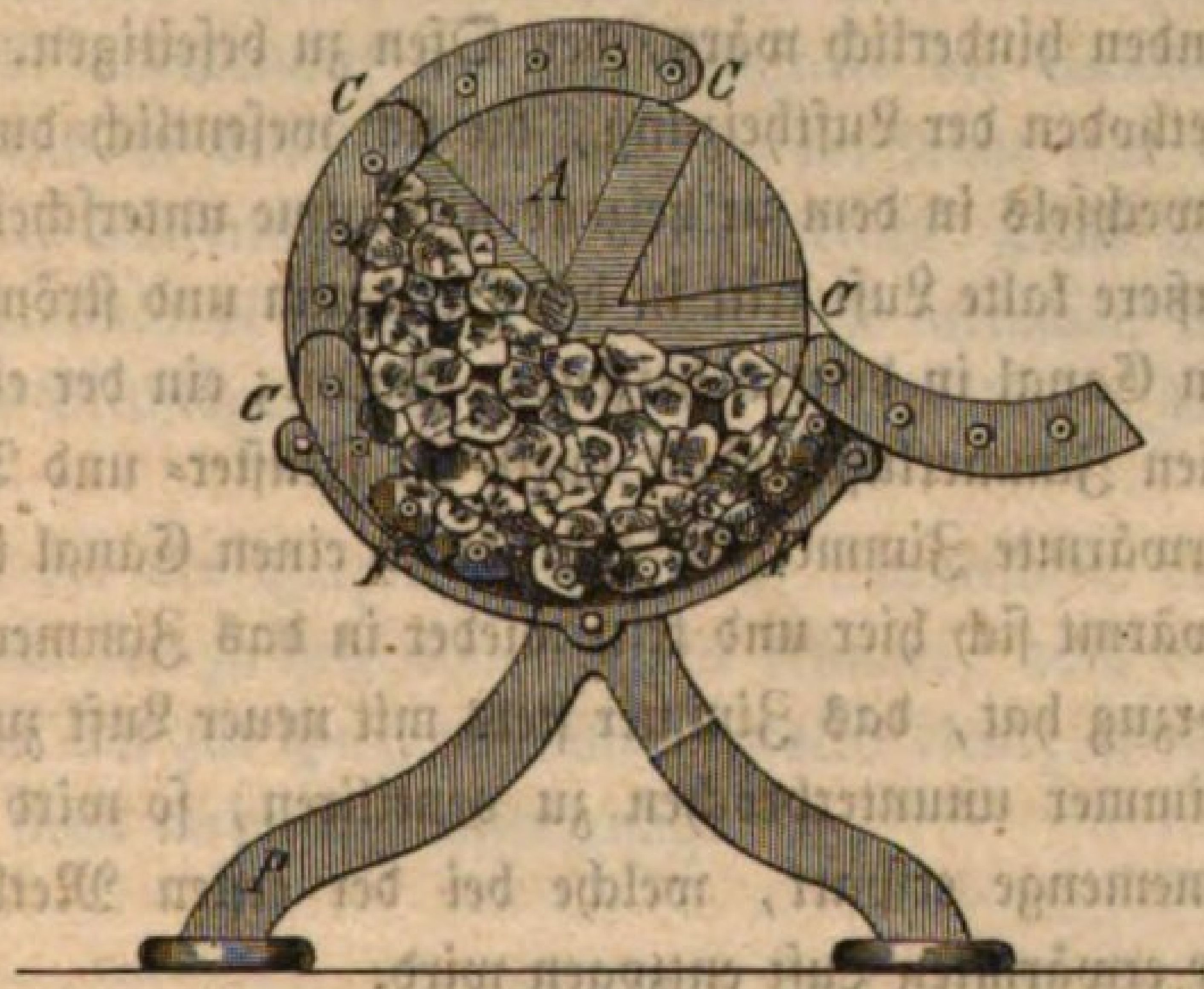
Fig. 195.



runde Platten, um welche herum die verschiedenen Thüren angebracht sind, deren Ganzes ein cylindrisches Gehäuse bildet. B, B sind Zapfen, welche in den Rändern P, P liegen und in der Mitte der Platten angebracht sind. Diese Zapfen bilden die Drehungsaxe des Apparates. Der Rost besteht aus

fünf Thüren, die durch Vereinigung mehrerer Stäbe gebildet sind; diese Thüren sind um hervortretende Lappen C, C, C, C beweglich. Da sie nun durch ihr eigenes Gewicht geschlossen bleiben, so werden diejenigen, welche

Fig. 196.



der Reihe nach, beim Drehen des Apparates nach dem Einbringen von Brennmaterial, unten hin kommen, an die Platten A, A durch die Kreisbogen F, F gedrückt, welche an den Ständern, einander gegenüber, befestigt sind.

§. 747.

Luftheizung.

Die Luftheizung ist eine Art von Ofenheizung und unterscheidet sich von der gewöhnlichen Heizung mit Hülfe von Oefen dadurch, daß der Ofen in den meisten Fällen nicht in dem zu erwärmenden Raume selbst, sondern in einem besonderen, in der Heizkammer sich befindet, in welcher sich die Luft erwärmt und sodann durch Canäle in die zu heizenden Räume gelangt. Die der Luftheizung zu Grunde liegende Idee war bereits den Römern zu Seneca's Zeiten bekannt. In Deutschland trifft man sie bereits im Mittelalter, so zeigt sie sich, wenn auch unvollkommen, im Schlosse Marienburg in Ostpreußen, welches im 13. Jahrhundert erbaut wurde, ferner in dem Rathhause zu Lüneburg aus derselben Zeit; auch findet man in der deutschen Uebersetzung des Vignola von Sturm (Wolfenbüttel 1699) die Luftheizung ausführlich beschrieben. In neuerer Zeit legten Schinckel und Feilner 1817 eine Luftheizung mit besonderen Heizkammern im Palais des Prinzen Friedrich in Berlin an. Hauptsächlich aber wurde in neuerer

Zeit die Aufmerksamkeit auf die Luftheizung durch Meißner in Wien gelenkt.

Der Zweck der Luftheizung ist, mittelst eines Ofens einen großen Raum möglichst gleichmäßig zu erwärmen, oder eine Anzahl Zimmer zu gleicher Zeit zu heizen, endlich auch in gewissen Fällen, wo in einem Raume der Ofen aus Gründen hinderlich wäre, den Ofen zu beseitigen. Es giebt drei verschiedene Methoden der Luftheizung, die sich wesentlich durch die Art und Weise des Luftwechsels in dem zu heizenden Raume unterscheiden:

a) Die äußere kalte Luft tritt in den Heizraum und strömt als erwärmte Luft durch einen Canal in den zu heizenden Raum; ein der eintretenden Luft gleiches Volumen Zimmerluft strömt durch die Fenster- und Thürfugen aus.

b) Die erwärmte Zimmerluft geht durch einen Canal in die Heizkammer zurück, erwärmt sich hier und tritt wieder in das Zimmer. Wenn Methode a den Vorzug hat, das Zimmer stets mit neuer Luft zu versorgen und dadurch das Zimmer ununterbrochen zu ventiliren, so wird bei Methode b diejenige Wärmemenge erspart, welche bei der ersten Methode durch das Ausströmen der erwärmten Luft entzogen wird.

c) Eben so wie nach Methode a) erwärmt sich äußere kalte Luft in dem Heizraume und gelangt in das Zimmer; die Zimmerluft geht jedoch durch einen Canal zu dem Feuer und dient zu seiner Unterhaltung. Diese Methode verbindet die Vortheile von a und b, indem neben fortwährender Ventilation auch Ersparniß an Brennmaterial stattfindet.

Vergleicht man letztere Methode mit der Heizung eines Zimmers durch einen Stubenofen, der von innen geheizt wird, so ist bei der zweiten Methode der Vorgang der Luftcirculation auf die Heizung eines Zimmers durch einen von außen geheizten Ofen zurückzuführen.

§. 748.

Man unterscheidet zweierlei Arten von Luftheizung, wenn man die Construction des Heizraumes und den Ort, an dem sich derselbe befindet, als Eintheilungsgrund gelten läßt, nämlich

a) die Luftheizung mit einem Mantelofen,

b) die Luftheizung mit einer Heizkammer.

Die erstere Art nähert sich außerordentlich der gewöhnlichen Ofenheizung und ist von ihr nur dadurch verschieden, daß der in oder neben dem zu heizenden Raume befindliche Ofen mit einem thönernen Mantel umgeben ist, welcher überall 6—8 Zoll vom Ofen absteht, oben offen und unten in der Nähe des Fußbodens mit Oeffnungen versehen ist. Wird nun der Ofen geheizt, so steigt die in dem Zwischenraum zwischen Ofen und Mantel be-

findliche Luft erwärmt in die Höhe, an ihre Stelle tritt durch die Oeffnungen im unteren Theile des Mantels kalte Luft, welche, nachdem sie erwärmt worden ist, ebenfalls emporsteigt u. s. f., und so passirt in sehr kurzer Zeit alle Luft des Zimmers den Raum zwischen Ofen und Mantel und ist dann gleichmäßig erwärmt. Man kann auf diese Weise einen sehr großen Raum ganz auf dieselbe Temperatur bringen, während bei Anwendung eines gewöhnlichen Ofens in demselben Raume in der Nähe eine lästige Hitze und in nicht großer Entfernung davon empfindliche Kälte herrschen würde. Anstatt der Thonmäntel wendet man zuweilen metallene Mäntel an, aus zwei parallelen Blechlagen und mit Asche ausgefülltem Zwischenraum bestehend.

Weil sich bei der Heizung mit einem Mantelofen der Heizraum in gleicher Höhe mit den zu heizenden Localen befindet, auch diese Art der Heizung gewöhnlich nur zur Heizung Eines Locales dient, so rechnet man sehr häufig dieselbe nicht mehr zur Luftheizung.

§. 749.

Bei der eigentlichen Luftheizung mit einer Heizkammer hat man vier wesentliche Theile zu unterscheiden:

a) die Heizkammer selbst,

b) den Ofen, welcher in der Heizkammer sich befindet und der zum Erwärmen der Luft dient,

c) die Vorrichtungen zum Zuleiten der kalten und

d) zum Ableiten der erwärmten Luft.

Die Heizkammer, in welcher der Heizofen aufgestellt, ist gewölbt und von innen sorgfältig mit Mörtel verputzt. Um das Ableiten der Wärme nach außen möglichst zu vermeiden, befindet sich häufig in der Umfassungsmauer ein leerer Zwischenraum von 6—8 Zoll Breite, welcher auch mit Asche ausgefüllt werden kann. Die Heizkammer soll den möglichst kleinen Umfang haben, damit die erwärmte Luft so heiß als möglich aus der Heizkammer fortgeführt werde und nicht Zeit habe, Wärme an die Mauerwände abzugeben. Die Canäle zur Ableitung öffnen sich an der Decke der Heizkammer, der Zuleitungscanal mündet unmittelbar über dem Boden der Ofenkammer. Die Entfernung des Ofens von den Seitenwänden beträgt nur 3—4 Zoll, das Gewölbe der Kammer führt man jedoch 3—4 Fuß über der Ofendecke hinweg. Um Reparaturen des Ofens bequem vornehmen zu können, führt man die Wände der Heizkammer in einzelnen Bogen aus, die man zusetzt, aber mit Leichtigkeit wieder öffnen kann.

Der wesentlichste Theil der Luftheizung ist ohne Zweifel der Ofen; seine Brauchbarkeit hängt von dem Material, der Form, der Größe und der inneren Einrichtung ab. Man hat gefunden, daß die Kastenform die geeignetste Form für den Ofen ist. Der Kasten ist entweder von Gußeisen oder aus sehr starkem Blech und genietet. Am oberen Theile erhält derselbe eine flachgewölbte Decke, am unteren Theile aber einen rechtwinklig nach außen umgebogenen Rand, mittelst dessen er in dem Mauerwerk befestigt ist. Auf der einen Seite ist das Schürloch befindlich. Man stülpt diesen Ofen über den aus feuerfestem Material aufgemauerten Ofen. Hinsichtlich der Größe des Ofens ist zu bemerken, daß 1 Quadratfuß Ofenfläche ungefähr 800 bis 1000 Kubikfuß Luft zu heizen im Stande sei.

Eine andere Einrichtung der Luftheizungsöfen ist folgende: Mehrere über und neben einander liegende, mit einander in Verbindung stehende gußeiserne Röhren werden in dem Feuerraume des Ofens so angebracht, daß zu dem einen Ende kalte Luft ein- und zu dem anderen Ende erwärmte ausströmt. In der Regel findet das Einströmen durch die unterste Röhrenreihe und das Ausströmen durch die oberste statt. Diese Einrichtung hat den Fehler, daß, da diejenigen Röhren, welche an dem obersten, von dem Feuerherde entferntesten Theile liegen, eine weit niedrigere Temperatur haben, als die unteren, in der Nähe des Feuers liegenden, ein Wärmeverlust dadurch entsteht, daß die in die oberen Röhren einströmende erhitzte Luft diese Röhren weit über die Temperatur des abziehenden Rauches erwärmt. Nach einer anderen, weit zweckmäßigeren Einrichtung strömt die Luft in dem Maße, als sie sich stärker erhitzt, auch durch heißere Röhren.

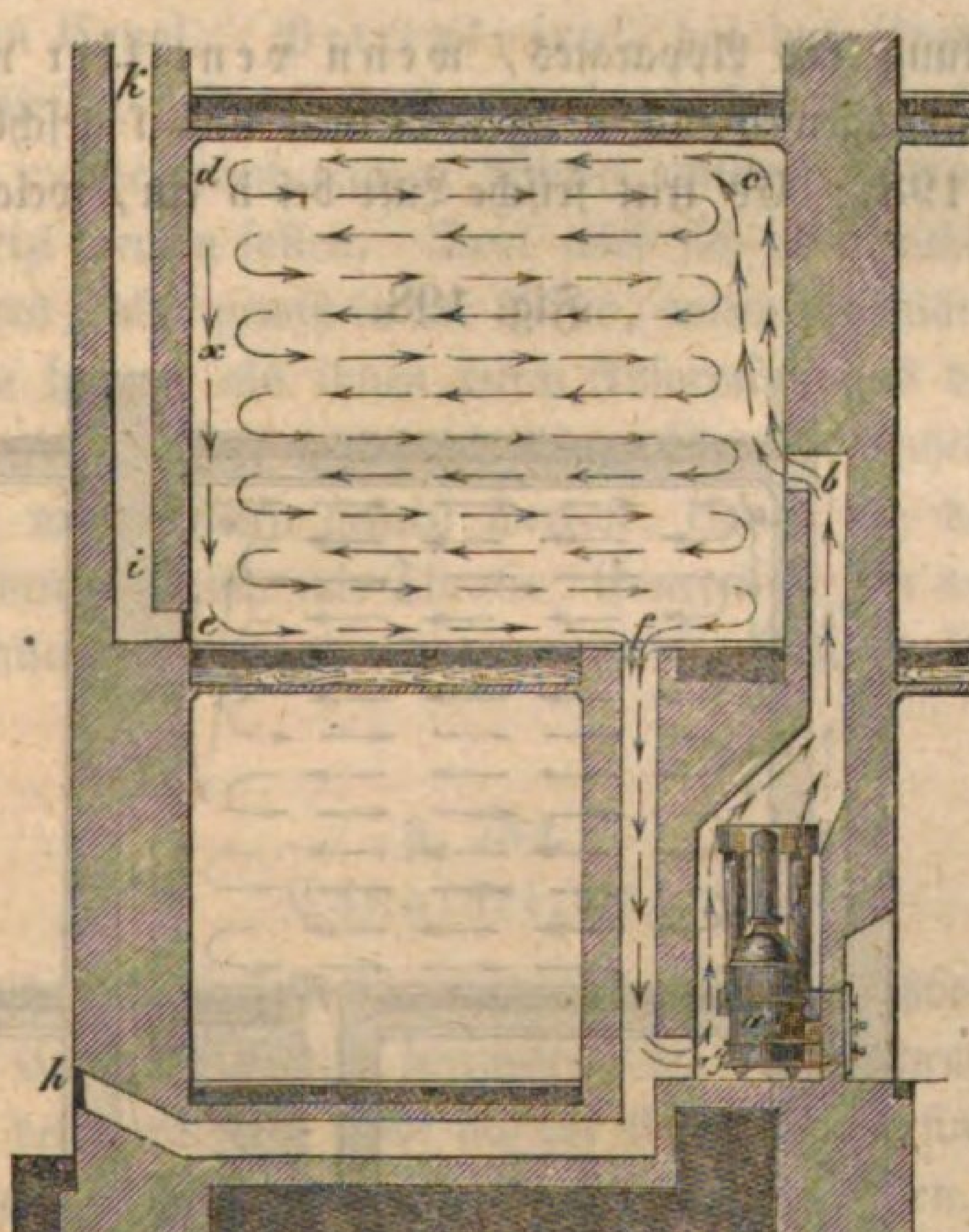
Da die warme Luft, als leichter, immer in die Höhe zu steigen, die kalte schwerere hingegen stets hinabzusinken sucht, so ist es, um die Bewegung der erwärmten Luft aus der Heizkammer in die zu heizenden Räume und der kälteren Luft in umgekehrter Richtung nicht zu hemmen, sondern vielmehr zu begünstigen, erforderlich, daß die Heizkammer unterhalb aller zu heizenden Localitäten, demnach in dem Falle, daß solche sich auch im Erdgeschosse des Hauses befinden, im Keller angebracht sei. Aus gleichem Grunde sollen die Canäle zum Abführen der warmen Luft rund oder cylindrisch sein, weil hierbei die geringste Ableitung der Wärme durch die Wände stattfindet, und so viel als möglich senkrecht in die Höhe steigen. Als Material zu den Canälen verdienen gebrannte Thonröhren den Vorzug vor gemauerten. Sind jedoch die Canäle, wie es meist der Fall ist, im Mauerwerk ausgeführt, so müssen die Wände glatt mit Mauerwerk ausgestrichen werden. Die Dimensionen dieser Canäle müssen mit der Menge und mit der Geschwindigkeit im Einklange stehen, in welcher die Luft durch die Heizkammer und durch

die Canäle selbst strömen muß, damit die Luft mit der gehörigen Temperatur und der erforderlichen Menge ins Zimmer gelange. Es gelten hierbei dieselben Gesetze wie bei den Schornsteinen (Seite 715). In der Regel haben die Canäle bei gewöhnlichen Wohnungen eine Weite von 10 — 12 Zoll. Die Ausströmungsöffnungen in den Zimmern legt man am besten nahe über dem Fußboden an; sie erhalten zum Verschluß ein durchbrochenes Gitter zum Durchlassen der Wärme und außerdem noch einen Schieber zum völligen Absperren.

§. 750.

Als specielles Beispiel sei die Meißner'sche Heizung mit erwärmter Luft angeführt (Fig. 197 und 198). a ist die mit einem eisernen Ofen versehene Heizkammer, a b der Canal, durch welchen die erwärmte Luft in

Fig. 197.

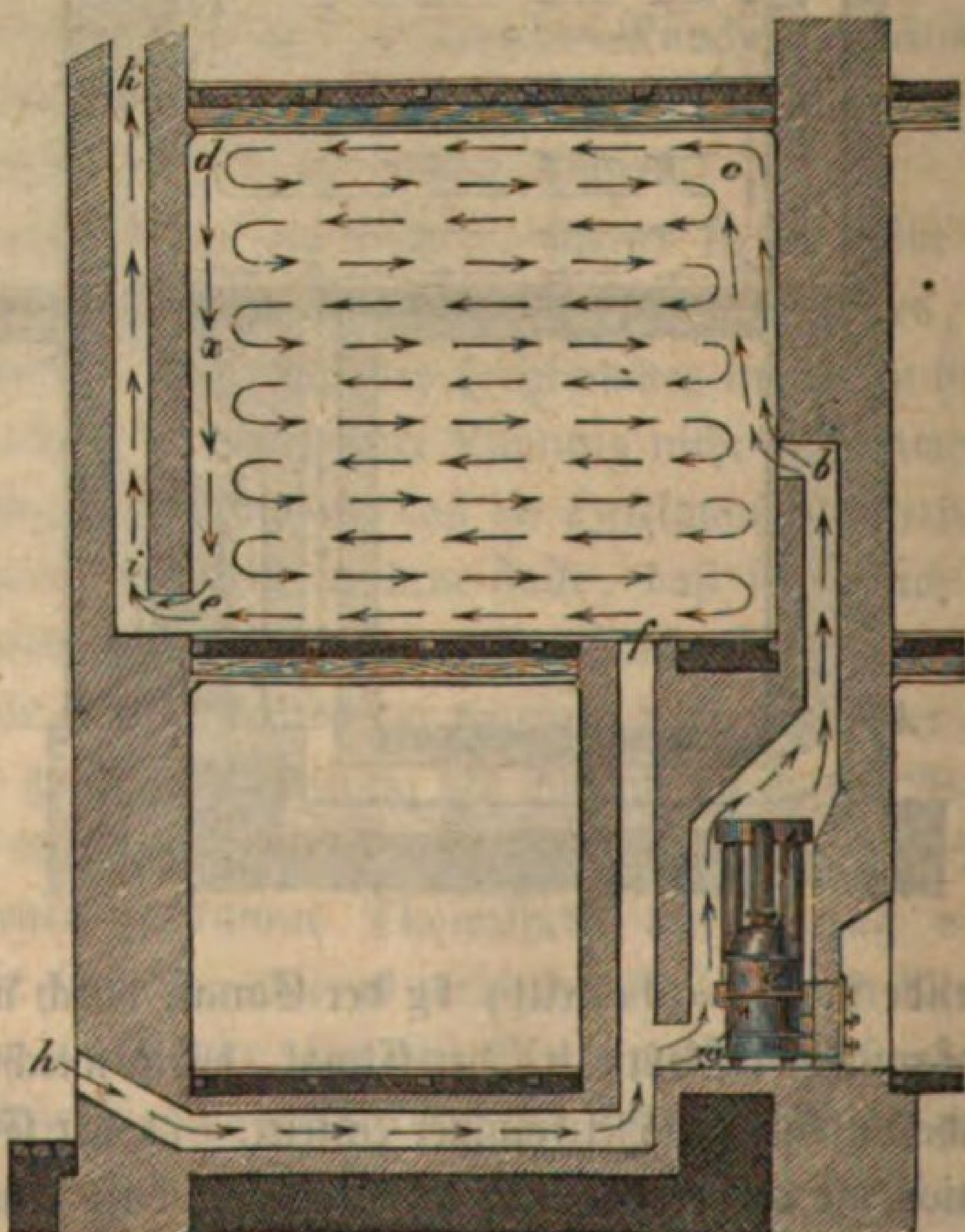


das zu erwärmende Local b c d e tritt; f g der Canal, durch welchen die kalte Luft in die Heizkammer abfließt; h g der Canal, durch welchen bei der Ventilation die frische Luft in die Heizkammer eintritt, e i k der Canal, durch den bei der Ventilation die verdorbene Luft in die äußere Luft geht.

Die Wirkung des Apparates, wenn blos die Erwärmung beabsichtigt wird, erfolgt, wenn die Mündungen der Canäle h und f offen, dagegen die von h und e verschlossen sind (Fig. 197). Wird der Ofen geheizt, so wird die Luftsäule a b c specifisch leichter, die kältere, also auch specifisch schwerere d f g muß demnach sofort in die Heizkammer abfließen und die dort befindliche Luftsäule a b c in der Richtung der Pfeile austreiben. Diese Bewegung wird so lange fortdauern, als die Luftsäule a b c specifisch leichter ist als die Luftsäule d f g und kann also durch Unterhaltung des Feuers im Ofen beliebig lange unterhalten werden; diese Methode nennt Meißner die circulirende Methode und den Canal f g den Circulationscanal. Diese Heizungsart giebt fast eine eben so nachhaltige Wärme als ein Masseofen, indem die Wände der Heizkammer und des Canals a b eben so viel Masse haben, als die schwedischen Oefen, und demnach, einmal erwärmt, auch wenn der Ofen bereits erkaltet ist, noch lange Zeit hindurch die Fortdauer der Circulation unterhalten; sie läßt ferner eine zweckmäßige Ventilation zu.

Die Wirkung des Apparates, wenn ventilirt werden soll, wobei die Mündungen h und e offen bleiben und f geschlossen wird, ist folgende (Fig. 198): Es tritt frische Luft bei h ein, welche, nachdem sie

Fig. 198.



erwärmt worden ist, durch b in das Local tritt, wo sie, wie bei der circulirenden Methode, die dort befindliche Luft abwärts drückt, welche durch e i k in die Atmosphäre entweicht. Diese Ventilationsmethode hat vor andern den Vorzug, daß man gerade so viel ventiliren kann, als man will und ohne die Temperatur im Locale zu verändern; es läßt sich nach dieser Methode auch alle Luft vollständig aus dem Locale entfernen.

§. 751.

Die Klage über größere Trockenheit der Luftheizung im Vergleiche mit Ofenheizung ist eine gegründete, indem die Luft in den auf diese Weise geheizten Localen bald jenen Grad der Feuchtigkeit verliert, der zum Wohlbefinden der Menschen nothwendig ist. Die Mittel, welche man gewöhnlich anwendet, um der zu großen Trockenheit dieser Luft zu begegnen, sind folgende: Man stellt eine Schüssel mit Wasser in's Zimmer, am besten in die Nähe des Luftheizungscanals oder selbst in demselben auf, damit die Luft dieses Wasser trinke. Andere bringen einen mit Wasser angefüllten Badeschwamm in den Canal. Pettenkofer[1]) hat das Unzureichende dieser Mittel nachgewiesen. Die Luftheizung eignet sich nicht für gewöhnliche Wohnzimmer, welche einen ganzen Winter unseres Klimas hindurch mit heißer Luft geheizt werden sollen. Dort wird sich zwar nicht gleich am Anfang des Winters, aber gewiß in der Mitte, wenn die Wände bereits mehr Wasser verloren haben, als ihnen durch Absorption aus der freien Atmosphäre täglich wieder ersetzt wird, die Klage über Trockenheit der Luft erheben. Räume, welche selten geheizt werden, eignen sich dagegen sehr für Luftheizung; ebenso Räume wie Theater, Concertsäle, in welchen sehr viele Menschen, brennende Lichter oder andere ergiebige Quellen für Wasserdampf sich befinden.

§. 752.
Canalheizung.

Die Canalheizung besteht darin, daß unter dem Fußboden des zu heizenden Locales Canäle hin- und herlaufen, an deren einem Ende sich der Feuerherd, an deren anderem Ende sich der Schornstein befindet, so daß die heißen Verbrennungsgase durch diese Canäle hindurchziehen. Bei den Römern war diese Heizung besonders für ihre Badestuben häufig im Gebrauch, wovon mehrere Beispiele aus Pompeji bekannt sind, auch ist sie schon seit alter Zeit die gewöhnliche Heizungsart der Chinesen für ihre Wohngebäude.

---

[1]) Pettenkofer, Bayer. Kunst- und Gewerbeblatt 1851. p. 573.

Die Canäle gehen unter dem Fußboden, welcher mit Steinplatten oder gebrannten Ziegeln bedeckt ist, im Zickzack hin und her, sind nach unten bogenförmig oder in Gestalt einer Rinne und ausgemauert. Die Breite dieser Canäle beträgt 12—24 Zoll. Auswendig ist der Canal mit trocknem Mauerschutt umgeben. Der Feuerherd befindet sich in einem nahe gelegenen Behältnisse im Keller oder in einer Ausgrabung unter der Erde. Der Schornstein geht in einer der Seitenwände in die Höhe. Man wendet die Canalheizung jetzt noch am häufigsten zur Erwärmung von Treibhäusern an, sonst wegen der bedeutenden Feuersgefahr selten.

§. 753.

Heißwasserheizung.

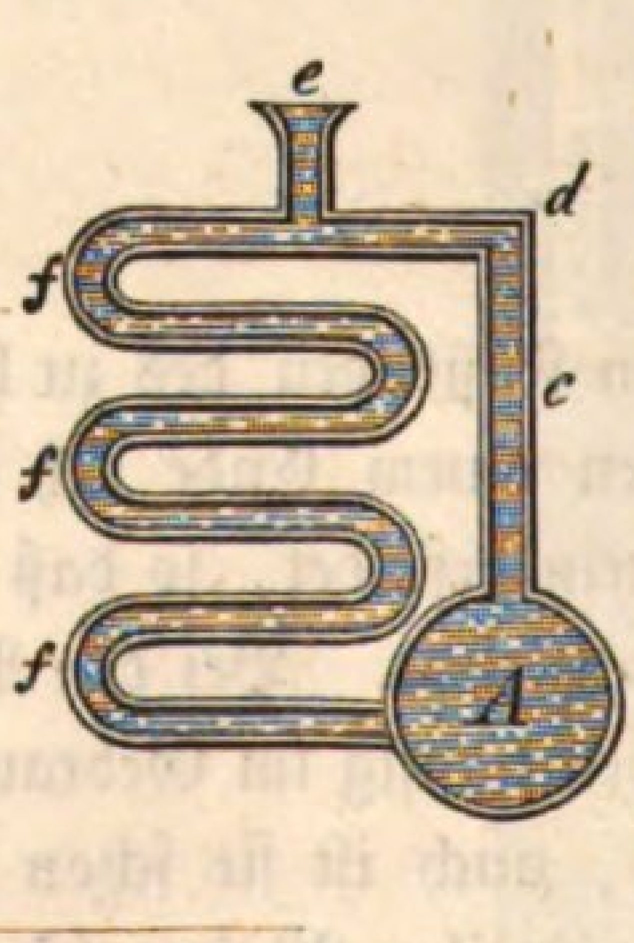
Anstatt die Luft unmittelbar zu erwärmen, bedient man sich zuweilen eines Zwischenträgers, nämlich des **Wassers**, welches sich seiner hohen specifischen Wärme wegen ganz besonders dazu eignet. Die darauf basirte Heizung nennt man die **Heißwasserheizung** [1]). Es kommt dabei darauf an, ein mit heißem Wasser angefülltes Gefäß in den zu heizenden Raum zu bringen und Sorge zu tragen, daß die Wärme, welche das Wasser verliert, wieder ersetzt wird.

Die Heißwasserheizung wird ausgeführt

a) mit Hülfe der Circulation durch einen geschlossenen geheizten Kessel, oder

b) mit Hülfe der Circulation durch Heberwirkung bei einem offenen geheizten Gefäße.

Fig. 199.



Bei der Heißwasserheizung nach der ersten Methode steht ein großer Wasserkessel, welcher dicht zugeschraubt werden kann, mit Röhren in Verbindung, welche nach den zu heizenden Räumen führen und dann wieder in den Kessel zurückkehren. Das Princip der Circulation des Wassers wird aus Fig. 199 deutlich werden. Die Erwärmung des Wassers geschieht in dem Kessel A, c ist das Steigrohr, d f die zum Kessel zurückgehende Heizröhre. Das Gefäß e dient zum Füllen des Apparates mit Wasser; es entweicht ferner durch dasselbe die Luft, die sich

[1]) 1 Kilogr. Wasser von 100° läßt, wenn es sich bis auf 20° abkühlt, 80 Wärmeeinheiten entweichen, welche 32 Kilogr. oder 24,61 Kubikmeter Luft um 10° erwärmen können.

beim Erwärmen aus dem Wasser entwickelt, ferner die Wasserdämpfe, welche durch zu starkes Heizen des Kessels sich bilden könnten. Indem das Wasser in dem Steigrohr emporsteigt und dabei seine Wärme den darüber befindlichen Flüssigkeitstheilchen mittheilt, fließt kaltes Wasser aus ff in den Kessel herab, erwärmt sich daselbst und steigt in die Höhe. Dieses Spiel dauert so lange, als noch in den verschiedenen Theilen ein Temperaturunterschied vorhanden ist; es wird aber niemals aufhören, wenn das aufsteigende warme Wasser unterwegs abgekühlt und der Temperaturunterschied fort erhalten wird. Ein kleiner Wasserverlust findet dabei statt, so daß man von Zeit zu Zeit durch die mit einem Stopfer verschlossene Oeffnung e am oberen Theil der Röhre etwas Wasser nachfüllen muß. Die Leitungsröhren werden am besten aus Gußeisen angefertigt. Was die Anordnung und die Dimensionen derselben betrifft, so ist dafür zu sorgen, daß das Wasser in der Steigröhre vor allem Wärmeverlust geschützt werde, dagegen während der Circulation durch die Zimmer möglichst viel Wärme verliere. Man rechnet bei dieser Heizung 20 – 30 Quadratfuß Heizfläche auf je 1000 Kubikfüß Zimmerraum.

§. 754.

Die zweite Methode der Heißwasserheizung mit Hülfe eines offenen Kessels, bei welcher das Princip des Hebels in Anwendung kommt, ist das sogenannte Thermosiphon von Fowler, welches im Vergleich zur ersten Methode den Nachtheil hat, daß durch den offenen Kessel ein nicht unbedeutender Wärmeverlust stattfindet, für die Vermeidung der Ansammlung von Luft in dem oberen Theile des Hebers weit größere Sorgfalt erforderlich ist, die Röhrenhöhe endlich eine beschränkte ist, insofern sie vom Luftdrucke abhängt.

Eine neue Methode der Heißwasserheizung ist von Perkins erfunden und im britischen Museum zu London ausgeführt worden. Man benutzt dabei warmes Wasser, dessen Temperatur bis auf 150 — 200° C., an der Feuerstelle sogar bis auf 500° steigt.. Der bei dieser Methode angewendete Apparat besteht aus einer endlosen Röhre, welche überall geschlossen und mit Wasser gefüllt ist. Der Kessel ist überflüssig. Der sechste Theil der Röhre ist in irgend einer zweckmäßigen Form aufgewickelt und in einen Ofen gebracht, die übrigen $^5/_6$ werden durch Circulation erwärmt. Die in den zu heizenden Räumen befindlichen zusammengewundenen Röhrentheile werden unter zweckmäßige Verkleidung gebracht und wirken als Stubenöfen. Die Füllung der Röhre geschieht mit Hülfe einer Druckpumpe, wobei der obere durch eine Schraube verschließbare Theil der Röhre geöffnet wird. Die Röhren sind von Schmiedeeisen, haben 1 Zoll innere Weite und sind mittelst

einer hydraulischen Presse für einen Druck von 3000 Pfd. auf den Quadratzoll geprüft. Die Methode von Perkins ist keineswegs zu empfehlen, denn auch abgesehen von dem großen Widerstand, welchen das Wasser in den engen Circulationsröhren erleidet, ist das Dichtmachen des Apparates sehr schwierig und der Apparat selbst gefährlich, indem bei dem Explodiren einer Röhre ein großer Theil des überhitzten Wassers sich in Dampf verwandeln würde. Der Hauptvorzug der Heißwasserheizung, vollkommene Sicherheit, ist durch die Methode beseitigt.

§. 755.

Noch mag bei der Heißwasserheizung angeführt werden, daß man sich neuerdings auch des durch die Erdwärme erwärmten Wassers zum Heizen bedient hat. In der neueren Zeit angestellte Beobachtungen haben die frühere Vermuthung zur Evidenz erhoben, daß in der Erdtiefe überall eine unversiegbare und stellenweise sehr intensiv heraufwirkende Wärmequelle existire, daß die Temperatur in allen größeren erreichten Tiefen constant sei und mit der Tiefe fortwährend zunehme. Dieses Theorem, für eine künftige Pyrotechnik von unabsehbarer Tragweite, wird durch alle, an den verschiedensten Gegenden der Erdoberfläche bis zu den verschiedensten Tiefen abgebohrten Brunnen so gleichmäßig erwiesen, daß an seiner Wahrheit nicht mehr gezweifelt werden kann. Folgende Tabelle enthält einige Beispiele:

Artesische Brunnen von

Rüdersdorf bei Berlin.		Grenelle bei Paris.		Neusalzwerk in Westfalen.	
Tiefe.	Temperatur.	Tiefe.	Temperatur.	Tiefe.	Temperatur.
380 Fuß	17,12° C.	917 Fuß	22,2 ° C.	580 Fuß	19,7° C.
500 „	17,75 „	1231 „	23,75 „	1285 „	27,5 „
655 „	19,75 „	1555 „	26,43 „	1935 „	31,4 „
880 „	23,50 „	1684 „	27,70 „	2144 „	33,6 „

Mit dem zu Mondorff (Luxemburg) gebohrten artesischen Brunnen ist in 2066 Fuß Tiefe sogar die Temperatur von 34° C. erreicht worden.

An die dem Schooße der Erde durch Kunst entlockten lauen Quellen schließen sich die der Erde freiwillig entspringenden warmen und heißen Quellen an, deren Temperatur uns vermuthen läßt, daß sie aus einer Tiefe von mindestens 10,000 Fuß stammen. Die constante Temperatur der heißen Quellen giebt uns die Gewißheit einer constanten Wärmequelle im Innern der Erde, eines Centralfeuers, dessen Existenz schon von Descartes, Leibnitz und Buffon zu begründen versucht, von neueren Geologen aber wissenschaftlich dargethan wurde. Daß es einst gelingen wird, die durch Menschenzuthun der Erdoberfläche zugeführte Erdhitze zu technischen Zwecken

zu verwenden, ist kaum zu bezweifeln. Bis jetzt sehen wir nur, daß das warme Wasser artesischer Brunnen zum Heizen von Gewächshäusern, Fabriken u. s. w. benutzt wird [1]).

§. 756.
Dampfheizung.

Bei der Heizung mit Wasserdämpfen werden die Heizflächen, die ihre Wärme an die zu heizenden Räume abgeben sollen, durch Wasserdampf erwärmt, der in einem Dampfkessel erzeugt wird. 1 Kilogr. Wasserdampf von 100° C. enthält so viel Wärme, daß durch dieselbe 5,5 Kilogr. Wasser von 0° bis auf 100° erhitzt werden können.

Ein Dampfheizapparat besteht a) aus einem Dampfkessel, b) aus Heizröhren, und c) aus Röhren, welche das condensirte Wasser entweder zu dem Kessel zurück oder gänzlich abführen. Der Kessel für den Dampfheizapparat hat ganz die Beschaffenheit eines gewöhnlichen Dampfkessels. Die Heizröhren sind von Gußeisen, einem Durchmesser von 4 Zoll und einer Wandstärke von 1/2 Zoll; man bringt sie entweder horizontal, ein wenig geneigt wegen des Abfließens des condensirten Wassers oder vertical an. Sind mehrere Stockwerke eines Hauses zu heizen, so läßt man ein Steigrohr bis zu der obersten Etage in die Höhe gehen, von dem aus Leitungsröhren nach den verschiedenen Etagen abgehen. Die Leitungsröhren sind am Ende mit einem nach auswärts öffnenden Ventile versehen, damit die Luft durch die einströmenden Dämpfe ausgetrieben werden kann; außerdem würde sie sich an den Enden der Röhren anhäufen und dem Eintreten des Dampfes bis zu dieser Stelle ein Hinderniß entgegenstellen, so daß dieser Theil der Röhren ungeheizt bliebe. Sobald die Dampfentwickelung im Kessel aufgehört hat, demnach durch die Condensation der Dämpfe ein luftleerer Raum entsteht, muß die Luft durch ein nach innen sich öffnendes Ventil einströmen können. Besonders wichtig sind bei diesen Röhrensystemen Compensatoren, um die Uebelstände zu beseitigen, welche mit der durch Temperaturveränderung veranlaßten Veränderung in der Länge der Röhren verbunden sind. Läßt man diesen Umstand unberücksichtigt, so können entweder die Röhren zerreißen, oder die Widerstände umstürzen. Als Compensatoren benutzt man entweder kupferne Röhren von geringem Durchmesser und starker Krümmung,

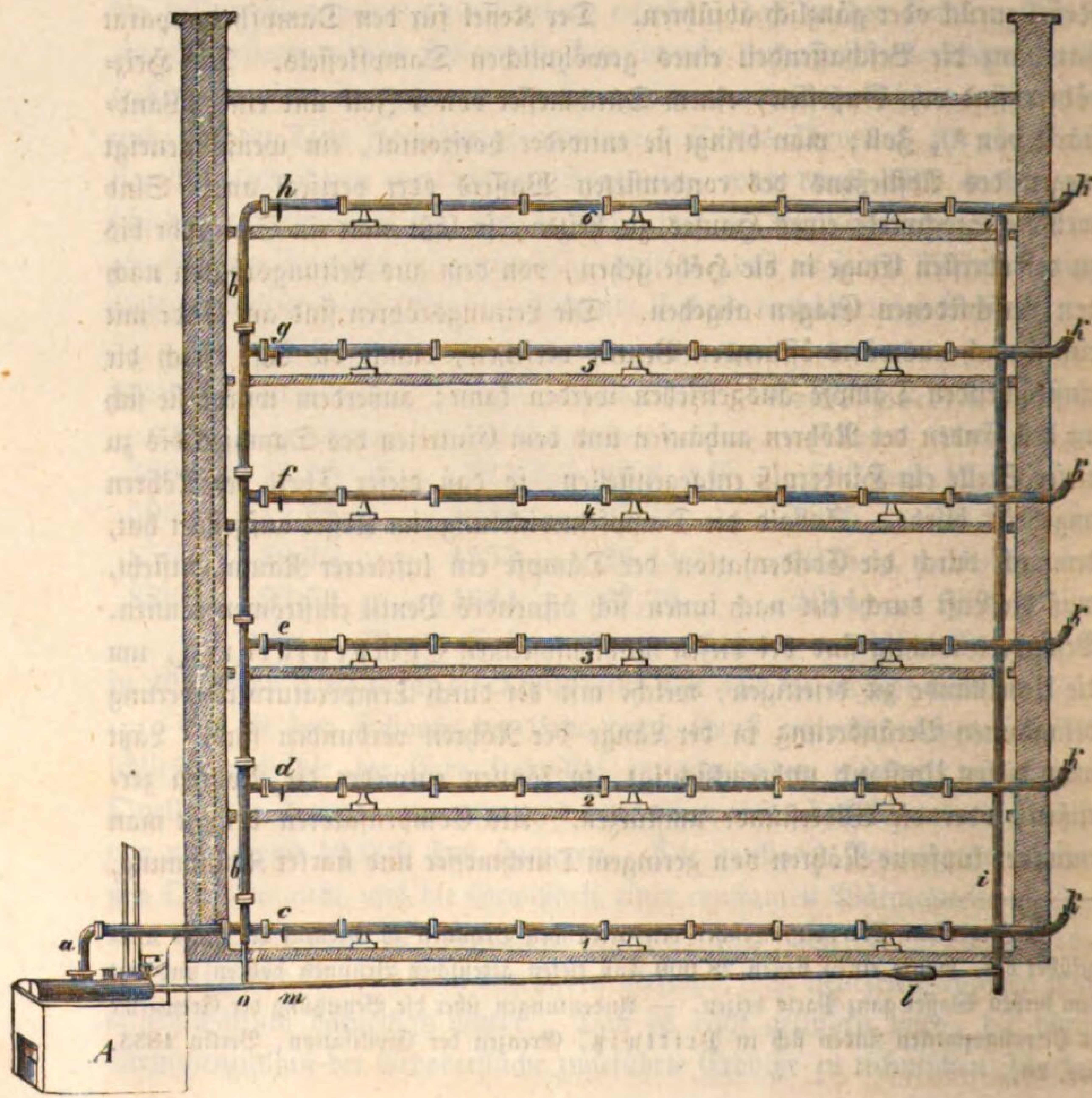
[1]) Ingenieur Mulot, welcher den artesischen Brunnen zu Grenelle bei Paris ausgeführt hat, wollte einen neuen 28,000 Fuß tiefen artesischen Brunnen bohren und mit dem heißen Wasser ganz Paris heizen. — Andeutungen über die Benutzung der Erdwärme zu Heizungszwecken finden sich in Prittwitz, Grenzen der Civilisation, Berlin 1855. pag. 70.

weil diese Krümmung leicht und oft verändert werden kann, ohne daß ein Reißen des Metalles zu befürchten wäre, oder weite Röhren, welche in einander passen und sich mehr oder weniger in einander verschieben können.

§. 757.

Die Einrichtung einer Dampfheizung, wie sie in einer Spinnerei getroffen worden ist, zeigt Fig. 193. A ist der Dampfkessel, aus welchem durch das Dampfrohr a der Dampf in das Steigrohr b b und von diesem in horizontale Leitungsröhren c, d, e, f, g, h gelangt, welche zum Heizen der verschiedenen Stockwerke der Spinnerei 1, 2, 3, 4, 5 und 6 bestimmt sind. An den Enden der Röhren k, k, befinden sich die erwähnten Ventile.

Fig. 200.



Das durch Condensation des Dampfes in den Leitungsröhren gebildete Wasser geht durch die Wasserzurückleitungsröhren c, c und l, m, ebenso durch das Rohr o in den Kessel zurück. Die Neigung der Röhren c, d u. s. w. gegen ihre Enden beträgt auf 100 Fuß etwa 1 Fuß.

Für Wohngebäude ist die folgende Einrichtung vorzuziehen. Von der vertical aufsteigenden Dampfröhre führt man Zweigröhren zu den einzelnen Zimmern und leitet diese Röhren in besondere Heizapparate, welche wesentlich kupferne Cylinder sind; da hier eine Erwärmung des Ofens bis auf 100° eintritt, so sind auf 1000 Kubikfuß des zu heizenden Raumes 8—10 Quadratfuß Oberfläche hinreichend.

Die Dampfheizung ist besonders dort mit Vortheil anzuwenden, wo von einem Feuerherd aus die Heizung auf große Entfernungen und nach den verschiedensten Richtungen ausgeführt werden soll, wie in Fabrikgebäuden mit großen Arbeitssälen ꝛc. Vor der Luftheizung hat sie den Vorzug, daß die Leitungsröhren unter dem Fußboden hingeleitet werden und dabei Gegenstände aller Art berühren können, ohne daß eine Entzündung zu besorgen wäre. Vor der Heißwasserheizung hat sie voraus, daß der Dampf bis zu bedeutenden Höhen aufwärts geleitet werden kann, ohne daß der Druck im Kessel vermehrt würde. Als wesentliche Vorzüge der Dampfheizung sind anzuführen: geringerer Brennmaterialaufwand, große Sauberkeit, eine die Salubrität der Zimmer befördernde gleichmäßige Erwärmung, die Unmöglichkeit, Rauch in das Zimmer zu bekommen, die geringere Feuergefährlichkeit, da die Anzahl der Feuerungsanlagen bis auf eine reducirt ist, und der verminderte Aufwand bei Neubauten. In Fabriken, welche mit Hochdruckmaschinen arbeiten, ist die Dampfheizung namentlich vortheilhaft, da in diesem Falle die Heizung fast kostenlos bewerkstelligt werden kann.

§. 758.
Gasheizung.

Seit in neuerer Zeit die Beleuchtung mit Steinkohlengas und Holzgas so große Ausdehnung gewonnen hat und der Preis des Leuchtgases im fortwährenden Sinken begriffen ist, lag der Gedanke nicht fern, sich des Gases auch als Heizmittel zu bedienen. Es wurden auch früher schon hier und da einige derartige Einrichtungen ins Leben gerufen, allgemeiner geschah dies jedoch erst in vielen Fabriken Englands, welche das Gas als Nebenproduct gewannen und zwar mehr als sie zur Beleuchtung nöthig hatten. Nach und nach ging die Gasheizung in die Hauswirthschaft über, wo sie sich immer mehr und mehr Eingang zu verschaffen wußte, da sie sich durch schnellen

und sicheren Effect, so wie durch Bequemlichkeit und Reinlichkeit ausgezeichnet.

Die Anwendung der Gasflamme zur Erhitzung von Kochapparaten scheiterte lange Zeit an der Eigenschaft des Leuchtgases, in Berührung mit kalten Körpern Ruß abzuscheiden, wodurch die Gefäße beschmutzt wurden, auch war die Heizkraft nur gering. Ingenieur Elsner in Berlin beseitigt diesen Uebelstand dadurch, daß er das Gas, ehe es zur Verbrennung gelangt, mit Luft mischt. Durch die dem Gase vor dem Verbrennen zugesetzte Luft findet der Kohlenstoff den zu seiner Verbrennung nothwendigen Sauerstoff und das Gasgemenge verbrennt mit einer nicht leuchtenden, aber auch nicht mehr rußenden Flamme.

Die Gasöfen zur Zimmerheizung lassen sich in jeder beliebigen Größe anfertigen, sind beweglich und daher überall anzubringen; sie entbehren des Schornsteins, durch welchen bei den übrigen Oefen ein großer Theil Wärme unbenutzt abzieht.

Die Zimmer werden durch Gasöfen sehr rasch geheizt, wodurch sich diese Heizungsart besonders für öffentliche Locale eignet, bei denen eine schnelle, aber nur kurze Erwärmung erforderlich ist, so bei Kirchen, wie denn auch in Berlin in mehreren Kirchen und anderen öffentlichen Gebäuden mit der Gasheizung befriedigende Versuche angestellt worden sind. Im Allgemeinen sind 5 Kubikfuß Gas hinreichend, um die Temperatur von 1000 Kubikfuß Raum um 12° C. zu erhöhen; $^{1}/_{5}$ der Gasmenge für die Stunde reicht ferner hin, um die erzeugte Temperatur constant zu erhalten.

Bei den in Deutschland gegenwärtig noch immer herrschenden hohen Gaspreisen ist an eine Concurrenz der Gasheizung mit anderen Heizungsarten vor der Hand nicht zu denken. Es ist nicht unmöglich, daß man in der Zukunft die Generatorgase und das Kohlenoxyd (vergl. Seite 709) wird zur Zimmerheizung anwenden können.

§. 759.

Heizung ohne die gewöhnlichen Brennmaterialien.

Daß sich eine unerschöpfliche Wärmequelle in der latenten Wärme der Körper findet, welche durch Reibung oder Stoß freigemacht werden kann, ist längst bekannt. Sobald es nun thunlich ist, eine hiezu hinreichende mechanische Kraft wohlfeil genug zu beschaffen, liegt die Möglichkeit vor, Wärme in unbegrenzter Menge zu erzeugen. In der That sind in dieser Beziehung schon zahlreiche Versuche angestellt worden; so wurde z. B. vor länger als zwanzig Jahren in Nordamerika eine Maschine construirt, mittelst deren Fabriken und große öffentliche Gebäude täglich durch Reibung

geheizt werden sollten. Das Wesentliche dieser Maschine sind zwei horizontale, gußeiserne Platten von etwa 4 Fuß im Durchmesser und 16 Ctr. Gewicht. Diese beiden Platten befinden sich in einem aus Mauerwerk ausgeführten Ofen und arbeiten wie Mühlsteine, mit dem Unterschiede jedoch, daß die untere Platte sich dreht, während die obere still steht. Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Platten beträgt gewöhnlich 80 Umdrehungen in der Minute; diese Geschwindigkeit soll hinreichen, um nach 2—3 Stunden den Ofen zu heizen. Vom Scheitel des Ofens geht ein Trichter oder eine Röhre aus, durch welche man die Wärme an beliebige Orte leiten kann. Der ganze Apparat ist höchst einfach und wird mittelst eines Wasserrades Tag und Nacht in Thätigkeit erhalten[1]).

Nach einer anderen Nachricht hat ein Herr Progin[2]) schon mehrere Maschinen construirt, bei welchen Dampf als bewegende Kraft durch Reibung erzeugt wird; er wendet sie an, um Dampfboote in Bewegung zu setzen, Speisen zu kochen, zu heizen u. s. w.

§. 760.

In der neueren Zeit hat ein Apparat von Beaumont und Mayer[3]), um mittelst der Reibung Wärme zu erzeugen, viel Aufsehen erregt. Dieser Apparat hat den Zweck, außerdem verlorne Kräfte, wie z. B. unbenutzte Wassergefälle, Wind ꝛc., dadurch zu verwerthen, daß durch Reibung einer konischen hölzernen Welle in einem Metallstücke mit entsprechender konischer Aushöhlung im Innern eines zum Theil mit Wasser gefüllten Dampfkessels Dampf erzeugt wird. Es ist nach dem Gesetze des mechanischen Aequivalentes der Wärme einleuchtend, daß der durch diesen Apparat gelieferte Dampf nie als Triebkraft benutzt werden kann, da man schon einer solchen bedarf, um den Apparat in Bewegung zu setzen und daher die von dem Apparate selbst erzeugte Kraft nothwendig geringer sein muß als die ursprüngliche. Der Wasserbehälter ist ein eiserner, mit Holz bekleideter Cylinder von 2 Meter Länge und $^1/_2$ Meter Durchmesser, die konische Metallröhre von Kupfer, in welcher der mit einem Hanfüberzug versehene hölzerne Frictionskegel mit einer Geschwindigkeit von 400 Umdrehungen in der Minute rotirt, befindet sich unter Wasser, an welches dieselbe die durch die Reibung entwickelte Wärme abgiebt. Nach den Erfindern soll sich der Apparat zur Heizung für Gebäude, Fabrikanlagen eignen. Nach dem Bericht des General Morin gestaltet sich jedoch die Sache auf andere und zwar

---

[1]) Dingl. polytechn. Journ. LI. p. 460.

[2]) Dingl. polytechn. Journ. LII. p. 236.

[3]) Wagner's Jahresbericht der chem. Technologie, 1856. p. 456.

ungünstige Weise. Es wird darin mit Recht hervorgehoben, daß die Wirkungen der Reibung im Allgemeinen um so stärker sind, je mehr sich die reibenden Flächen abnutzen. Es ergab sich bei Versuchen mit dem Dampfgenerator, daß eine Betriebsleistung von 21 Pferdekräften erforderlich wäre, um mit dem Apparat den Einer Pferdekraft entsprechenden Dampf hervorzubringen. Es ist daher selbst unter den günstigsten Verhältnissen kein Vortheil von dem Dampferzeugungsapparate zu erwarten.

Bei allen Vorschlägen, um durch Reibung Wärme zu erzeugen und dieselbe technisch zu benutzen, stellt sich bei genauer Prüfung heraus, daß die Urheber von der Bedeutung des mechanischen Aequivalentes der Wärme keine genügende Kenntniß besaßen, und große Mengen von Kraft und Stoff consumirten, um einen Wärmeeffect zu erzielen, welcher zu dem Aufwand in keinem Verhältnisse stand.

§. 761.

Ein anderer Apparat, der ohne Anwendung von Brennmaterial Wärme verbreitet, beruht auf der Wärmeentwicklung durch die Compression der Luft mit Hülfe einer Verdichtungspumpe. Derselbe ist von Arzbecher zu Heizungszwecken vorgeschlagen worden. Zur Bewegung der Luftpumpe könnte irgend eine mechanische Kraft, welche eine Nebennutzung gestattet, verwendet werden.

Die Wärme, welche bei der Gährung von Stalldünger sich entwickelt, findet bei der Erwärmung von Gewächshäusern praktische Anwendung. An der hohen Wand derselben wird ein fünf bis sechs Fuß hoher Düngerhaufen, welcher mit abgefallenem Laube &c. vermengt ist, aufgeschichtet, indem man durch den unteren Theil desselben einige an beiden Enden offene Röhren von Blech, etwas geneigt, einlegt. Diese Röhren erwärmen sich und die Luft circulirt in dieselben und tritt an dem einen Ende erwärmt aus.

II. Die Kesselheizung.

§. 762.

Allgemeines.

Kessel werden mit wenigen Ausnahmen stets in gemauerten Oefen erhitzt, wobei Verminderung des Brennstoffverbrauchs eine bei der Construction des Ofens vor Allem zu beachtende Aufgabe ist. Da bei der Kesselheizung eine intensive Erhitzung bewirkt werden soll, so ist unbedingt ein Rost

und ein Aschenfall erforderlich, weil außerdem eine vollständige Verbrennung nicht erzielt werden kann.

Der Rost besteht aus parallel liegenden Stäben von Schmiede- oder Gußeisen, deren Stärke von ihrer Länge, und ihre Entfernung von einander von der Größe der Stücke des Brennmaterials abhängt, indem diese Zwischenräume nur der Asche den Durchgang gestatten dürfen. Die Erfahrung hat gelehrt, daß die Summe der Zwischenräume, welche die Roststäbe trennen, nur ein Viertel von der ganzen Oberfläche des Rostes betragen soll. Die großen Roste haben vor den kleinen den Vorzug, daß der Zug durch den Durchgang der Luft durch das Brennmaterial weniger vermindert wird, die Roste sich nicht so leicht verstopfen und das Einfeuern nicht so oft vorgenommen zu werden braucht, wodurch an Arbeit erspart wird; der ganze Rost muß dagegen immer mit Brennmaterial bedeckt sein. Die kleineren Roste haben dagegen andere, für specielle Fälle sehr wichtige Vortheile; es ist nämlich die Verbrennung lebhafter und vollkommener und es entgehen der Verbrennung weit geringere Mengen Luft als bei größeren Rosten. Bei Rosten mit Holzfeuerung kann die Oberfläche des Rostes mindestens zweimal kleiner als bei der Steinkohlenfeuerung sein, da bei der ersten Art der Feuerung die Oeffnungen sich nicht verstopfen. Nach Ed. Köchlin ist zur Verbrennung von 350 Kilogr. alten Eichenholzes in Zeit von 1 Stunde 1 Quadratmeter Rostfläche mit 1 Viertel für die Zwischenräume das zweckmäßigste Verhältniß. Gewöhnlich sind die Roste für die Holzfeuerung 4 mal kleiner als für Steinkohlenfeuerung.

§. 763.

Der Feuerraum zwischen der Herdsohle (dem Roste) und dem Kessel muß geräumig genug sein, um das Brennmaterial aufnehmen zu können und die gehörige und völlige Entwicklung der Flamme zu gestatten. Das Brennmaterial muß in der erforderlichen Menge aufgegeben werden; ist die Quantität zu klein, so entgeht ein großer Theil der einströmenden Luft der Verbrennung; ferner veranlaßt, wenn oft geschürt werden muß, das häufige Oeffnen des Schürloches kalte Luftströmungen, welche die Temperatur unter dem Kessel erniedrigen und unter Rauchbildung einen starken Verlust herbeiführen. Ist dagegen die Menge des aufgegebenen Brennmaterials zu groß, so wird der Luft der Durchgang erschwert und die Verbrennung kann nur langsam und unvollkommen vor sich gehen. Ist der Feuerraum zu niedrig, so wird die Flamme gedämpft, es findet nur unvollkommene Verbrennung und reichliche Rauchbildung statt; ist dieser Raum dagegen zu hoch, so wirkt auf den Kessel vorzüglich nur die strahlende Wärme und es geht demnach viel Wärme verloren.

Die das Schürloch verschließende **Heizthüre** muß so breit sein, daß man den Rost bequem übersehen kann, und so hoch, daß das Einfeuern ungehindert vor sich gehen kann. Sie muß vollkommen genau schließen, da die durch die Ritzen und Fugen eindringende Luft durch Erniedrigung der Temperatur und Rauchbildung fortwährenden Wärmeverlust nach sich ziehen würde.

§. 764.

Rauchverzehrende Feuerungen.

Indem wir die gewöhnlichen Kesselfeuerungen, welche zum größten Theile der Dampfmaschinenlehre angehören, übergehen, wenden wir uns zu den **rauchverzehrenden Feuerungen**.

Nicht nur um die Nachtheile des Rauches zu vermeiden, welcher für die Umgebung großer Feuerungsanlagen höchst unbequem werden kann, sondern auch und zwar hauptsächlich, um an Brennstoff zu sparen, hat man sich schon seit langer Zeit die Aufgabe gestellt, rauchverzehrende Feuerungen zu construiren, ohne daß dieses Problem bis jetzt als genügend gelöst betrachtet werden könnte. Wirft man auf ein in vollem Brennen begriffenes Steinkohlenfeuer frische Steinkohlen, so entwickeln sich plötzlich solche Quantitäten brennbarer Gase und Dämpfe von hohem Kohlenstoffgehalt (Benzol, Toluol, phenylige Säure, Naphtalin, Paraffin ꝛc.), daß der Sauerstoff der in dem Feuerraum befindlichen Luft zu ihrer vollständigen Verbrennung in den meisten Fällen nicht genügt. Durch die verhältnißmäßig kühlen Wände des Dampfkessels und durch die während des Einfeuerns einströmende kalte Luft werden die Verbrennungsproducte abgekühlt und es verbrennt nur der Wasserstoff dieser Verbindungen zum Theil, während der Kohlenstoff als Ruß ausgeschieden und nicht verbrannt wird.

Die verschiedenen die Verzehrung des Rauches bezweckenden Vorrichtungen beruhen auf verschiedenen Principien, so wird z. B.

a) durch einen besondern Luftcanal, welcher unmittelbar hinter dem Rost mündet, der Flamme ein Strom kalter und heißer Luft zugeführt;

b) man bringt zwei neben einander befindliche Feuerungen, die abwechselnd mit frischen Kohlen gespeist werden, in solche Verbindung, daß der Rauch der einen Feuerung mit dem in voller Gluth befindlichen Feuer der anderen Feuerung in innige Berührung tritt und dadurch verbrannt wird;

c) es werden die frischen Kohlen auf den vorderen Theil des Rostes geworfen, damit der Rauch über das auf dem Hintertheile des Rostes in voller Gluth brennende Feuer streiche;

d) das Aufschütten von frischem Brennmaterial ist einer Vorrichtung

übertragen, welche nicht periodisch eine größere Kohlenmenge, sondern allmälig, aber in ununterbrochener Wirkung die Kohle in zerkleinertem Zustande auf das in voller Gluth befindliche Feuer wirft;

e) Zur Herbeiführung der hinreichenden Luftmenge, deren Sauerstoff die vollständige Verbrennung ermöglichen sollte, d. h. zur Erreichung des nöthigen Zuges war man bisher gewöhnt, sehr hohe Schornsteine aufzuführen, denn je höher die Schornsteine, desto größer die Differenz in den specifischen Gewichten innerhalb und außerhalb des Schornsteines, desto rascher aber auch die durch den Zug erfolgende Ausgleichung dieser Differenzen, aber auch desto kostspieliger. Je mehr der Zug auf diesem Wege gesteigert wird, desto größere Wärmemengen gehen auf diese Weise verloren. Da die Temperaturdifferenz die Ursache der Luftströmung ist, so suchte L. Gall diese Bedingung durch eine constante hohe Temperatur des Verbrennungsraumes zu erfüllen (siehe weiter unten den Gall'schen Ofen).

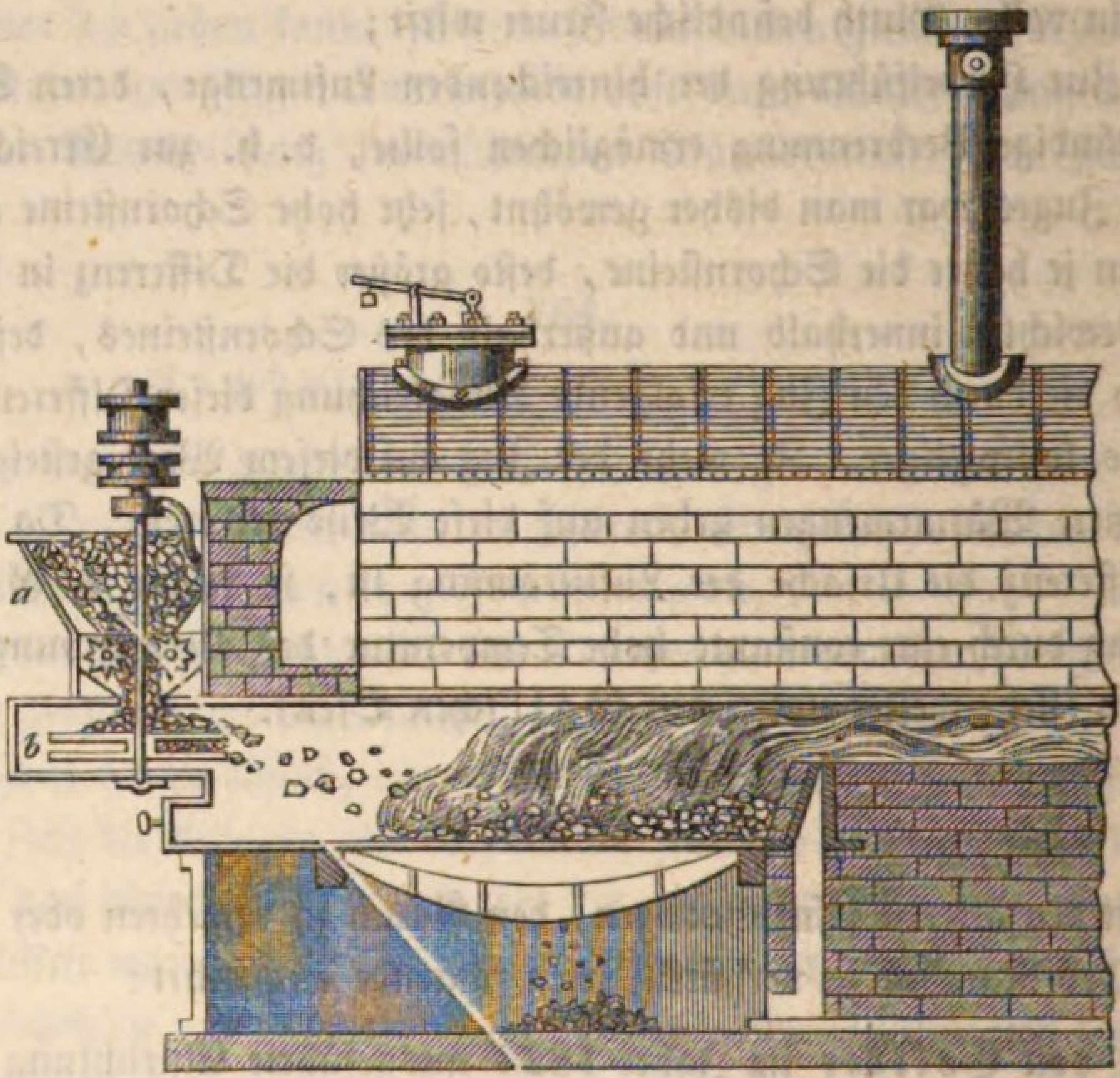
§. 765.

Von den älteren Einrichtungen, den Rauch zu verzehren oder besser die Bildung des Rauches zu verhüten, seien folgende angeführt:

Die von Collier im Jahre 1823 ausgeführte Einrichtung hat wesentlich folgende Beschaffenheit: Aus einem Rumpfe fallen die Kohlen fortwährend auf zwei horizontale Quetschwalzen, deren Oberflächen mit Spitzen versehen sind. Von hier aus gelangt die zerkleinerte Kohle auf zwei neben einander und in derselben Horizontalebene liegende kreisförmige Projectoren oder Schleuderer, welche sich in entgegengesetzter Richtung bewegen und zusammenwirken. Jeder Projector hat sechs trapezoïdische Schaufeln und macht in einer Minute 200 Umdrehungen. Der Herd hat einen festen Rost. Zur Bewegung des Mechanismus war ½ Pferdekraft nothwendig.

Aehnlich ist die von Stanley erfundene und bei Dampfkesselfeuerungen vielfach zur Anwendung gekommene mechanische Vorrichtung zum Aufgeben der Kohle, welche ihrem Zweck ziemlich gut entspricht. Vor der Heizöffnung (Fig. 201) befindet sich ein Trichter a, in welchem die beiden mit zugespitzten Zähnen versehenen Walzen die aufgeschütteten Kohlen zerbrechen und langsam zwischen sich hindurch arbeiten. Die zerkleinerten Kohlen fallen auf den mit großer Geschwindigkeit umlaufenden Schleuderer b, welcher die auffallenden Kohlen fortschleudert, so daß sie sich gleichmäßig auf dem Roste ausbreiten. Ist auch diese Vorrichtung nicht frei von Mängeln, zeigt sie namentlich den Uebelstand, daß es der Heizer nicht in seiner Gewalt hat, beliebig stärker und schwächer zu feuern, so geht sie doch als Rauchverzehrer vielen

Fig. 201.



anderen Einrichtungen vor; nur ist zu bedauern, daß die erforderliche Triebkraft sie auf die Dampfmaschinen beschränkt.

Auf ein ähnliches Princip gründet sich der Drehrost, ein kreisrunder Rost, welcher durch die Maschine langsam gedreht wird, während aus einem mit Walzen versehenen Trichter die Kohlen zerkleinert auf ihn herabfallen.

§. 766.

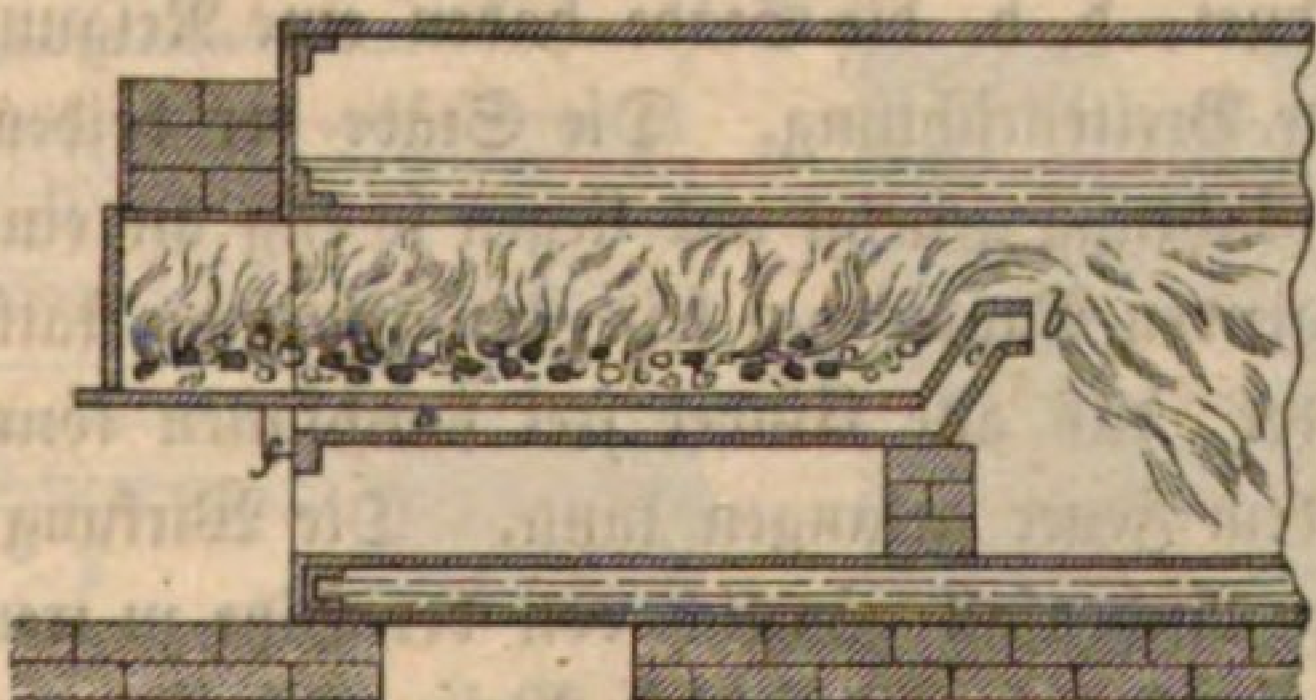
Lefroy sucht den Rauch dadurch zu verzehren, daß er in dem Feuerraume Luftwirbel erzeugt. Das Brennmaterial fällt in bestimmten Zwischenräumen in bestimmter Menge aus einem Rumpf auf den Rost, und über diesem öffnen sich vier lange enge Canäle, welche in den Seitenmauern angebracht sind. Sobald das Feuer frisch geschürt wird, öffnen sich die Canäle gleichzeitig durch einen einfachen Mechanismus; durch die dadurch entstehenden Luftwirbel verbrennt der Rauch vollständig. — Man hat ferner Doppelherde in Vorschlag gebracht, von welchen der eine mit Koks gefeuert werden würde, und auf welchen die Flamme des unteren übergehen sollte. Es ist unbequem, daß man hierbei zweierlei Brennmaterial anzuwenden hat. Dasselbe hat man durch einen schrägen Rost erreichen wollen. Der Brennstoff gleitet längs des Rostes herab, so daß der untere Theil stets glühende Kohlen

enthält, während auf dem oberen Theile noch frische Kohlen liegen. Brennt man ein Gemenge von $^1/_4$ Koks und $^3/_4$ Steinkohlen, so verbrennt der Rauch vollständig.

§. 767.

Das Wesentliche einer Einrichtung von Garland und Glasson besteht in der Anwendung hohler Roststäbe aus Schmiede- oder Gußeisen, welche behufs einer wirksameren Rauchverzehrung an der geeigneten Stelle Luft zuführen und dadurch zur Brennstoffersparniß beitragen. Fig. 202 zeigt einen Dampfkessel mit der daran in Anwendung gebrachten Verbesserung im

Fig. 202.



Verticaldurchschnitte, Fig. 203 im Querschnitte. Der Rost besteht aus hohlen Stäben, durch welche die Luft von a nach b geht. Die Biegungen c bilden die Feuerbrücke. Fig. 204 zeigt die Anwendung der hohlen Stäbe auf

Fig. 203.

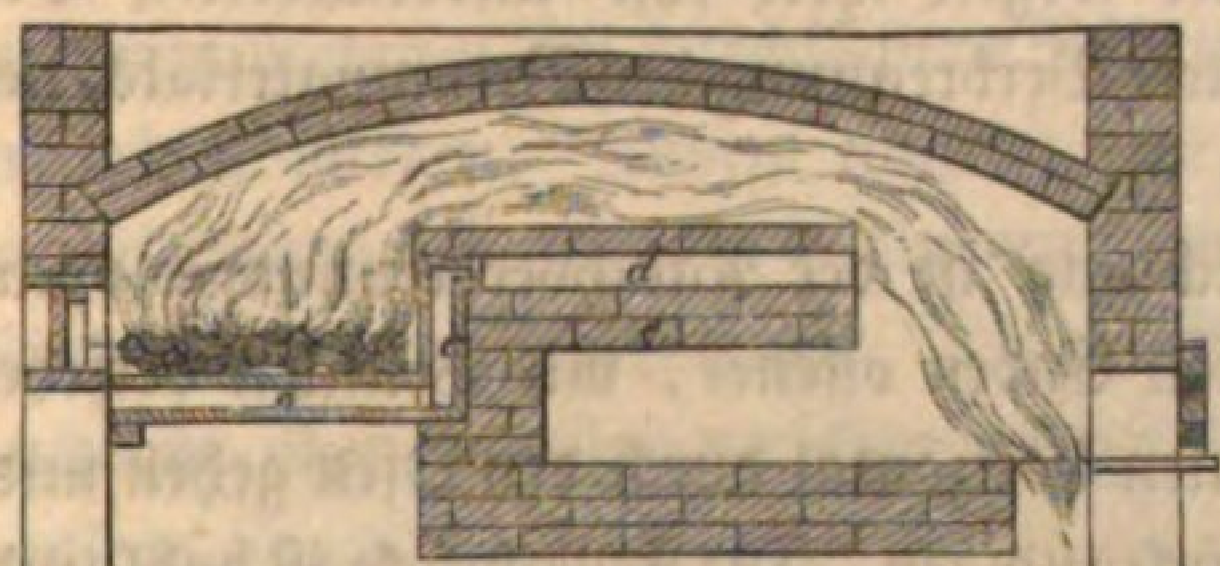
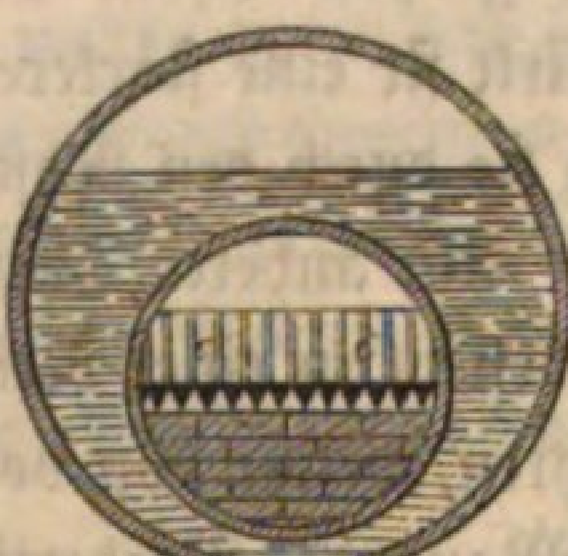


Fig. 204.



einen Muffel- oder Glühofen. Außer den hohlen Roststäben ist hier in dem Gewölbbogen c c ein Luftcanal d d angebracht, der die heiße Luft dem Ende des Ofens zuführt. Bei Kesseln, welche einen starken Zug haben, ist an der Vorderseite des Rostes ein Schieber f zur Regulirung des Luftzuges befindlich.

§. 768.

Nach der Ansicht von Woodcok besteht das einfachste Mittel zur Verhinderung der Rauchbildung in der Zufuhr einer großen Menge Sauerstoff

im verdichteten Zustande in Form von kalter Luft zu dem Brennmaterial auf dem Roste, und in der weiteren Zufuhr hinreichenden Sauerstoffs zu den erhitzten Gasen behufs ihrer vollständigen Verbrennung, während sie mit dem Kessel in Berührung sind. Diese letztere Luft muß von solcher Temperatur eingeführt werden, daß die Gase, welche sich entwickeln, nach und nach entzündet werden. Die Menge des entwickelten Rauches wird auf ein Minimum reducirt und den Gipfel des Schornsteines erreicht kaum eine Spur desselben.

Der angewendete Apparat besteht aus zwei Theilen; der eine wird durch eine doppelte Reihe dünner Eisenstäbe gebildet, welche horizontal und ihrer Länge nach parallel mit einander liegen und zwar unmittelbar unter dem Roste, in dem Aschenfalle. Jede Reihe von Stäben ist wie ein Jalousiengitter angeordnet, d. h. die Stäbe haben eine Neigung von 45° zum Horizont in ihrer Breitenrichtung. Die Stäbe der beiden Reihen sind in entgegengesetzter Richtung geneigt und liegen so eng an einander, daß zwischen deren anliegenden Paaren gar kein Zwischenraum stattfindet, aber weit genug auseinander, daß alle Cinder frei durchfallen können und die Luft ungehindert zu dem Feuer gelangen kann. Die Wirkung dieses Schirmes besteht darin, den Aschenfall gänzlich von der Hitze zu trennen, welche der Rost nach unten ausstrahlt. Auf diese Weise wird eine große Wärmemenge für den Kessel erhalten. Eine andere Wirkung ist die, daß die durch den Rost strömende Luft in dem Aschenfalle nicht erwärmt wird und demnach kalt und nicht in verdünntem Zustande in das Feuer gelangt. Durch die niedrige Temperatur der einströmenden Luft wird auch das Verbrennen der Roststäbe zum großen Theile verhindert und wegen ihrer fast unveränderten Dichte bewirkt sie eine stärkere und schnellere Verbrennung des Brennmaterials, nachdem sie durch den Rost gedrungen ist.

Ein anderer Theil der Vorrichtung ist der Rauchverbrennungsapparat. Er besteht in einer Reihe an beiden Enden offener, mit Ventilen versehener Röhren, welche von vorn nach hinten horizontal durch den Ofen gehen und in der Mauer des Vordertheils der Brücke endigen. Die Feuerbrücke ist hohl und in zwei Theile getheilt, zwischen welchen die Verbrennungsproducte durchströmen. Beide Theile stehen durch Canäle an den Seiten mit einander in Verbindung und bilden so zusammen eine ringförmige Kammer. Die erwähnten Röhren treten in die vordere Mauer dieser Kammer und stellen demnach eine Communication zwischen ihrem Innern und der äußeren Luft her. Die hintere Mauer ist nämlich mit vielen Löchern versehen, die von dem Innern der Brücke nach dem Raume jenseits derselben sich öffnen und eine directe Verbindung zwischen der äußeren Luft und dem Schornsteine herstellen. Jenseits

der ersten Brücke befindet sich eine zweite massive Brücke; indem dieselbe den directen Canal unterbricht, verzögert sie den Abfluß des Rauches und der Verbrennungsgase und veranlaßt deren vollkommene Vermischung innerhalb des Raumes zwischen den Brücken. Die Folge dieser Einrichtung ist, daß ein Strom stark erhitzter Luft in den Ofen strömt, an der Brücke durch die Löcher in deren hintere Wand entweicht, dann sich mit den Ofengasen, welche den Rauch suspendirt enthalten, vermischt und so den Rauch in Flamme verwandelt.

Fig. 205 ist der Längendurchschnitt, Fig. 206 der Querdurchschnitt des Kesselofens, a a sind die Roststangen, b der Aschenfall, c die geneigten Stäbe;

Fig. 205.

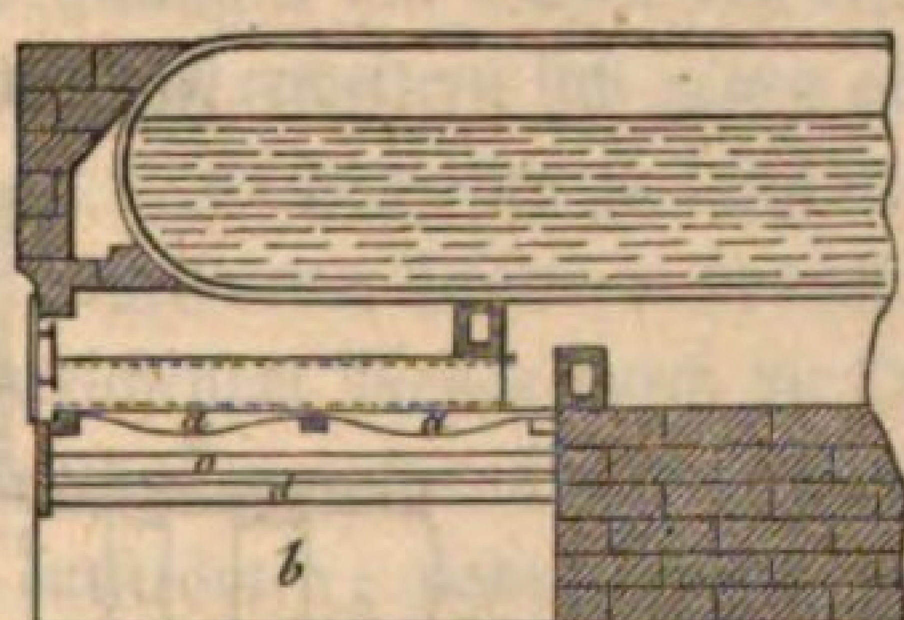
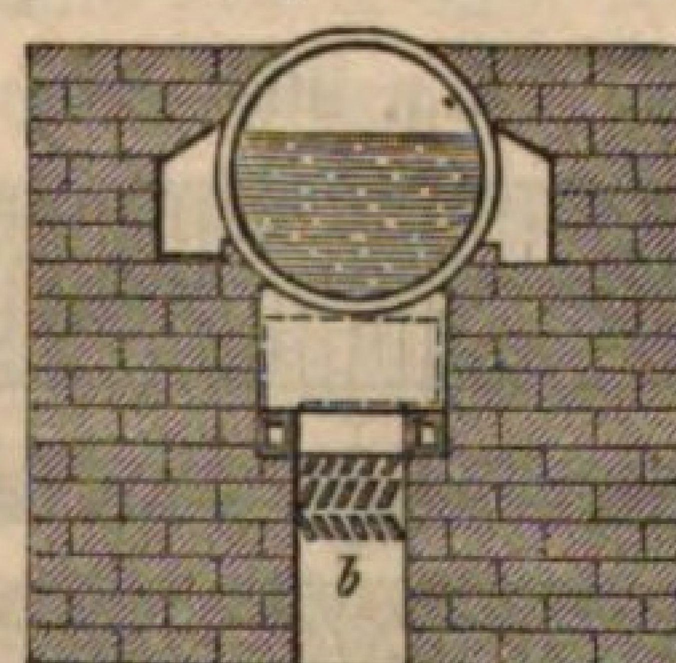


Fig. 206.



d a ist eine zweite Reihe ähnlicher Stäbe unter c, aber in entgegengesetzter Richtung geneigt.

§. 769.

Die Einrichtung von Gilbertson hat das Eigenthümliche, daß über dem Brennmaterial sich durchlöcherte Röhren befinden, welche durch das Feuer stark erhitzt werden. Indem nun die aus den Röhren hervordringenden heißen Luftströme sich mit den Verbrennungsproducten mischen, bewirken sie die gewünschte Rauchverzehrung. Die Oeffnungen in den Röhren sind mit Schiebern oder Ventilen versehen, um die Menge der einströmenden Luft zu reguliren.

Pridaux empfiehlt ein selbstthätiges Ventil zur Rauchverzehrung. Die Vorrichtung wird an der Ofenthüre angebracht und dient dazu, die Zuführung der Luft zu reguliren, um die Verbrennung des Rauches vollständig zu machen, Brennstoff zu sparen und gleichzeitig die Ausstrahlung der Hitze nach außen zu verhindern. Fig. 207 zeigt die Vorderansicht der Vorrichtung, Fig. 208 den Horizontaldurchschnitt, Fig. 209 einen verticalen Querschnitt. Den vorderen Theil des Apparates bildet die Ofenthüre und besteht aus einer Reihe Klappen b, welche um Zapfen c beweglich sind, so

Fig. 207.

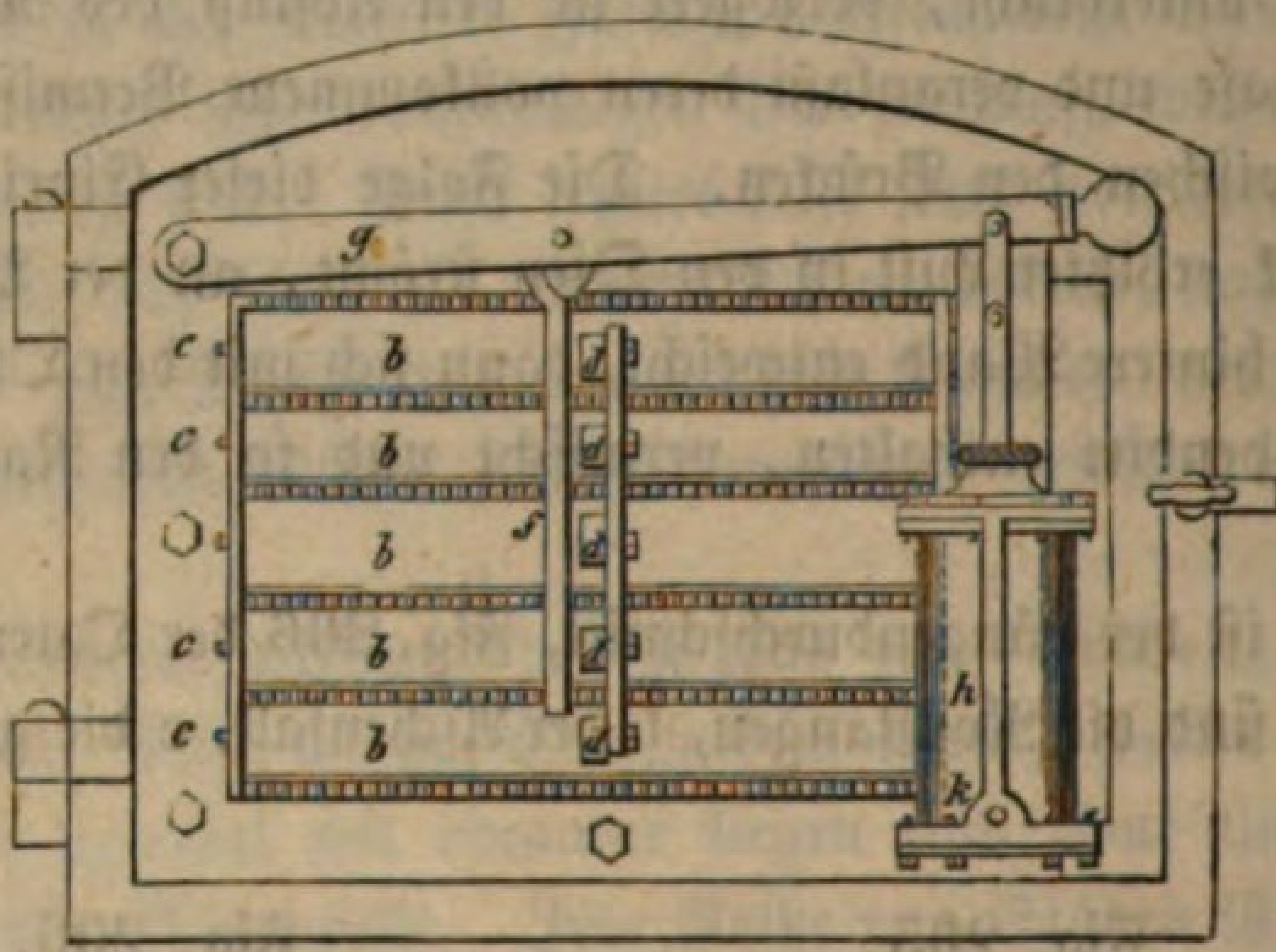


Fig. 208.

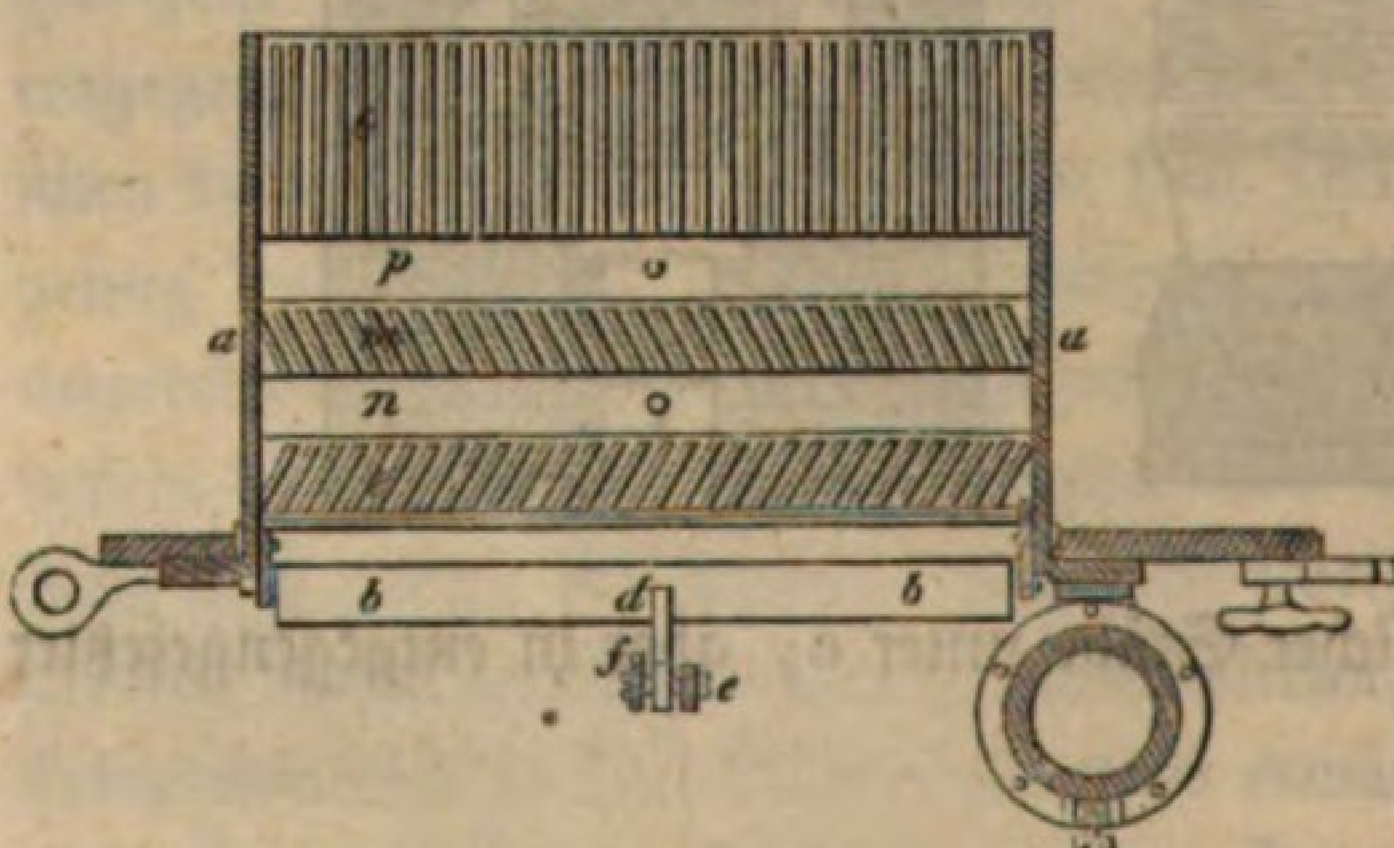
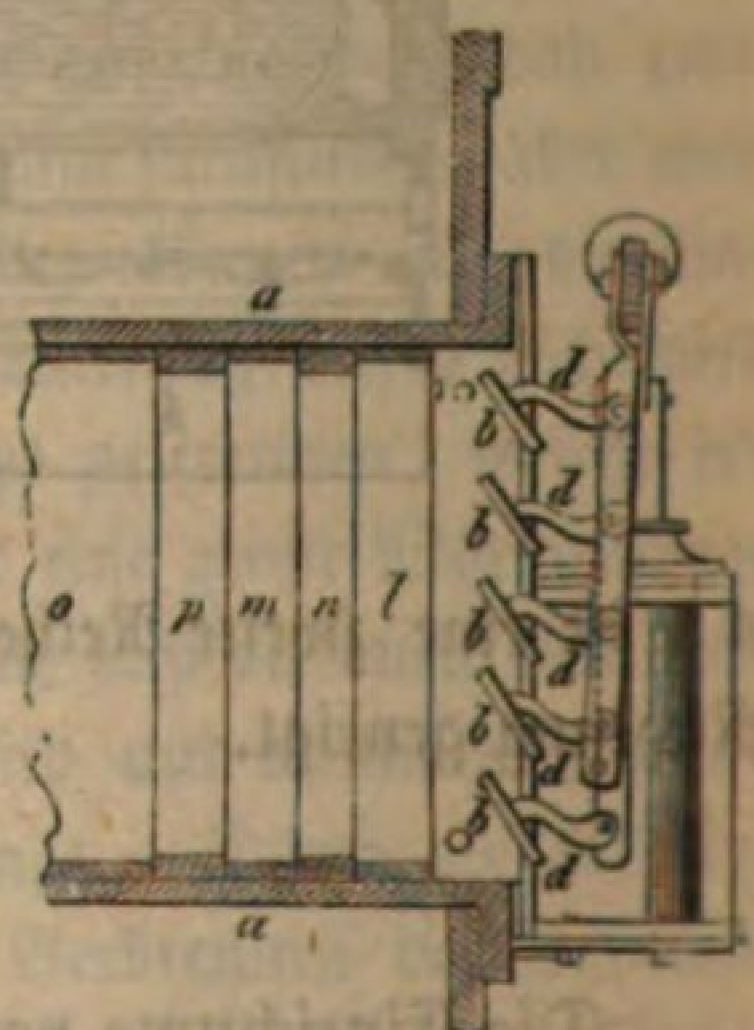


Fig. 209.

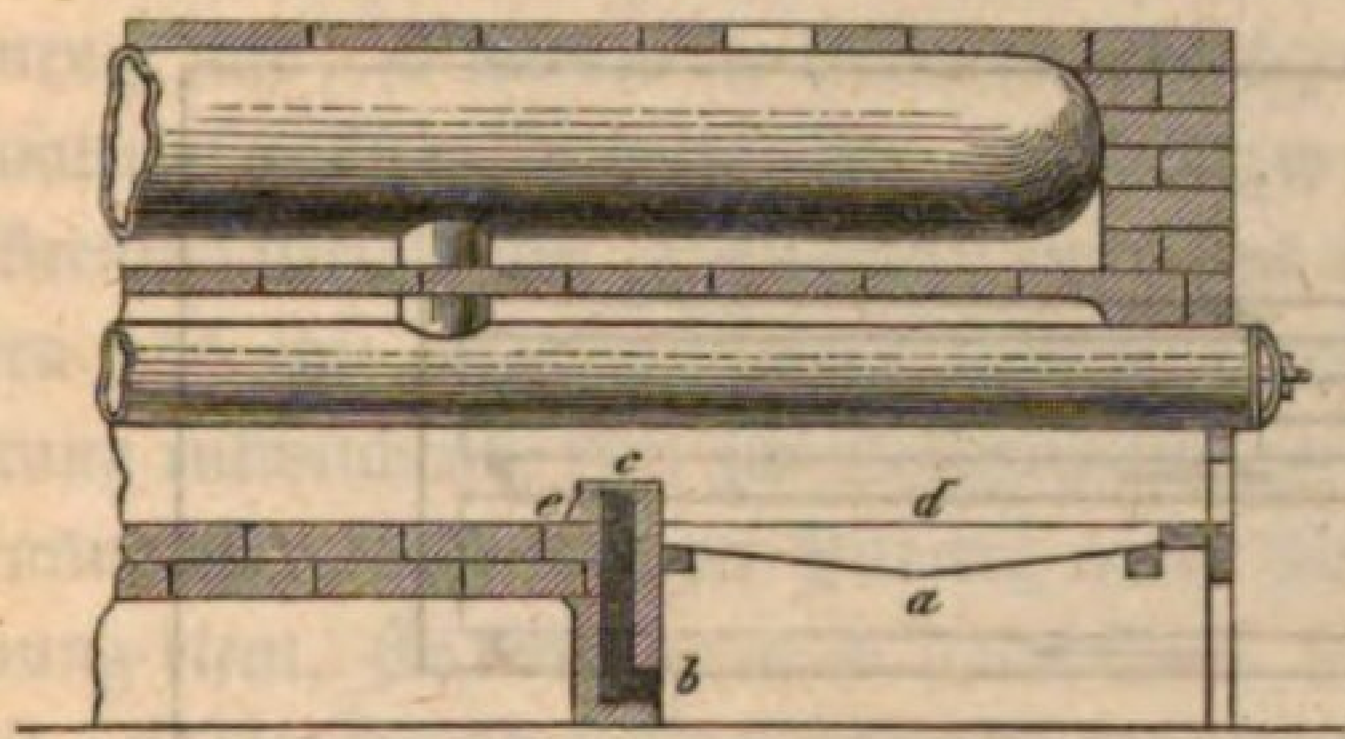


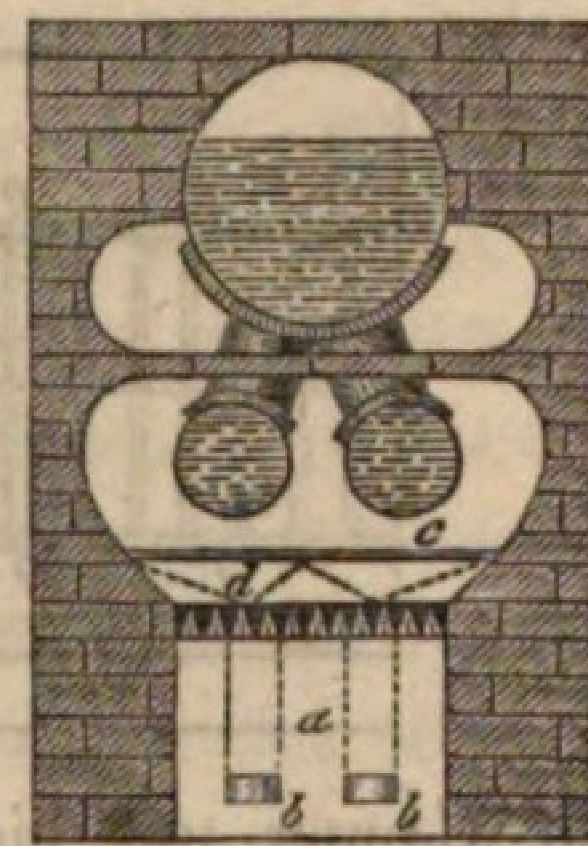
daß dieselben wie Jalousien geöffnet und geschlossen werden können. Hinter diesen beweglichen Klappen liegt eine Reihe paralleler Platten l, welche gegen die Axe des Ofens geneigt sind; darauf folgt mit entgegengesetzter Neigung eine zweite Reihe m und hierauf endlich eine dritte Reihe o, welche parallel zur Axe liegt. n und p sind freie Räume zwischen diesen Reihen. Durch die verschiedene Neigung der ersten und zweiten Plattenreihe wird die Ausstrahlung der Hitze nach außen verhindert, während die Luft frei eintreten kann.

§. 770.

Bei der Einrichtung von Scott befindet sich in der Dicke der Feuerbrücke hinter dem Rost ein breiter und enger Canal, in welchen durch Oeffnungen im Boden des Aschenloches Luft einströmt. Diese Luft strömt dann wie aus einem Gebläse aus, vermischt sich sofort mit den gasförmigen Verbrennungsproducten und bildet damit eine Mischung, die sich entzündet und

Fig. 210. Fig. 211.





verbrennt. Diese Vorrichtung ist Fig. 210 und Fig. 211 dargestellt; b b sind die Oeffnungen am Boden des Aschenfalles a, d. h. unter dem Roste d; diese Oeffnungen erweitern sich gegen oben und vereinigen sich dann zu einem engen Spalt c, welcher eben so lang als die Feuerbrücke breit ist. Letztere ist mit einer gußeisernen Platte e bedeckt, in welcher sich der Spalt befindet. Die in hinreichender Menge durch die Oeffnungen d d eingeströmte Luft dehnt sich in dem Mauerwerk aus und entzündet die gasförmigen Producte, welche dem Rost entströmen; dadurch wird nicht allein Rauch vermieden, sondern auch Brennmaterial gespart.

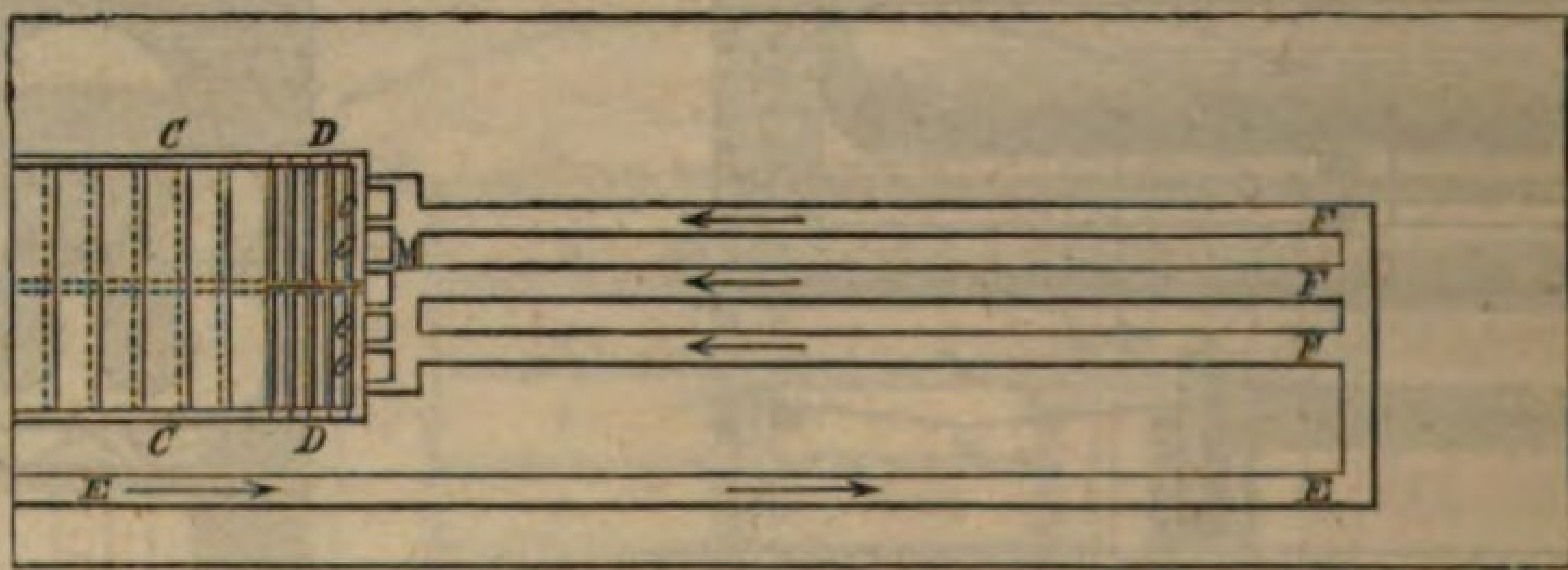
Der rauchverzehrende Ofen von Marsilly, bei welchem der Treppenrost Anwendung findet, ist Fig. 212 im verticalen Längendurchschnitte, Fig. 213 im horizontalen Durchschnitte abgebildet. A ist der Kessel, B eine

Fig. 212.



der Siederöhren, C die vordere Abtheilung des Treppenrostes (vergl. S. 718), aus sechs breiten Eisenstäben bestehend, die wie Treppenstufen über einander angebracht sind. D ist die zweite Abtheilung des Rostes, welche aus sechs gewöhnlichen Roststäben besteht, die in derselben Horizontalebene wie die letzte Platte des Treppenrostes liegen. E, E ist ein Canal, der sich in der Dicke des Mauerwerks befindet und an der Vorderseite desselben ausmündet. F, F, F sind drei unter einander und mit E, E parallele Canäle, welche

Fig. 213.



die Flamme und die Verbrennungsproducte von dem Roste aus nach dem hinteren Theile des Ofens strömen, wobei sie unter den Sieberöhren weggehen. In den Raum H münden die drei Canäle F F F aus; o o o sind runde Löcher, durch welche die Luft durch E E in den Herd geht, nachdem sie in den Canälen F F F erwärmt worden ist; sie vermischt sich mit den brennenden Destillationsproducten der Steinkohle in dem Augenblicke, in welchem dieselben unter die Sieberöhren zu strömen beginnen.

Der Rost ist gewöhnlich bis zu einer Höhe von 0,10 bis 0,15 Meter mit Brennmaterial bedeckt. Im Augenblicke des Schürens stößt der Heizer die Kohle, welche auf der ersten Platte liegt, vorwärts, ersetzt sie durch frische Kohle und öffnet den Canal E E, durch welchen frische Luft einströmt. Zwei bis drei Minuten nach dem Schüren wird die Oeffnung verschlossen und der Schornstein entwickelt keinen Rauch mehr.

Nach den Berichten von Combes und Violette ist die Einrichtung der Treppenroste, welche mit einem horizontalen Theile endigen, in Verbindung mit der Einfuhr einer hinreichenden Luftmenge während der Zeit, welche auf das Schüren oder auf das Durchrühren des Brennmaterials auf dem Herde folgt, sowol in Bezug auf die Möglichkeit, kleine Kohlen mit geringem Verlust an Cinders zu verbrennen, als auch hinsichtlich der Rauchverzehrung eine sehr vortheilhafte.

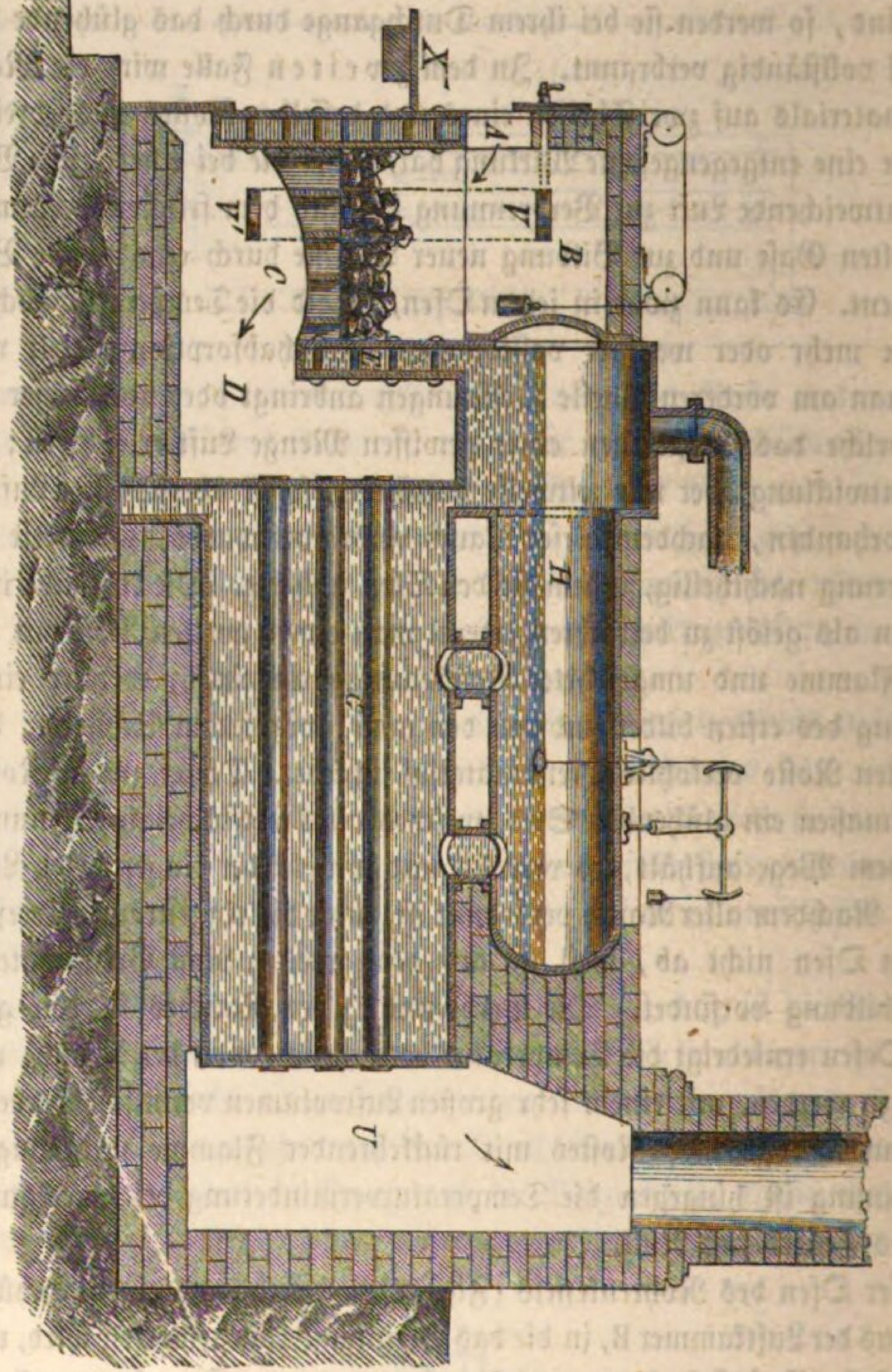
§. 771.

A. George's rauchverzehrender Ofen zeichnet sich durch Einfachheit und dadurch aus, daß er ohne jedes andere Agens als einen natürlichen Luftzug wirkt, welcher die Verbrennung bewirkt. Bei diesem Ofen ist die Richtung des Zuges umgekehrt, entweder vollständig, wie es Fig. 211 zeigt, oder mittelst rückkehrender Flamme, wie Fig. 212 und 213. In dem erstern Falle durchströmt die Luft zuerst die neu eingelegte Schicht von Brennmaterial; die strahlende Wärme der Rostkoks, auf welche das frische Brennmaterial

geworfen wurde, verkohlt dann letzteres, ohne daß sich Rauch bildet und Gas nur in mäßiger Menge sich entwickelt; da diese Gase genügend mit Luft gemengt sind, so werden sie bei ihrem Durchgange durch das glühende Brennmaterial vollständig verbrannt. In dem zweiten Falle wird die Masse des Brennmaterials auf zwei Theilen eines und desselben Rostes ausgebreitet, deren jeder eine entgegengesetzte Wirkung hat, daher die bei einer ersten Verbrennung entweichende Luft zur Verbrennung der aus dem frischen Brennmaterial entwickelten Gase und zur Bildung neuer Wärme durch eine zweite Verbrennung dient. Es kann zwar in jedem Ofen, sobald die Temperatur hoch genug ist, eine mehr oder weniger vollkommene Rauchabsorption erzielt werden, wenn man am vorderen Theile Oeffnungen anbringt oder noch besser Canäle legt, welche das Einströmen einer gewissen Menge Luft erleichtern; da die Rauchentwicklung aber nur zeitweise stattfindet, so ist überschüssige Luft in dem Ofen vorhanden, nachdem dieser Rauch verbrannt wurde, und diese Luft ist der Feuerung nachtheilig, indem sie den Ofen abkühlt. Die Aufgabe ist daher erst dann als gelöst zu betrachten, wenn man einen zweiten Rost mit rückkehrender Flamme und umgekehrter Verbrennung anbringt, welcher eine Verlängerung des ersten bildet und auf den man, vor jedem Schüren, das auf dem ersten Roste verkohlte Brennmaterial schiebt. Dieser zweite Rost bildet gewissermaßen ein glühendes Sieb, welches alles verflüchtigte Brennmaterial auf seinem Wege aufhält, es verkohlt und mittelst der eingeführten Luft verbrennt. Nachdem aller Rauch verbrannt ist, kühlt die eingeströmte überschüssige Luft den Ofen nicht ab, weil sie auf dem zweiten Rost Brennmaterial zur Wärmebildung vorfindet. Die Verbrennung des Rauches in den gewöhnlichen Oefen erniedrigt die Temperatur beträchtlich, weil der Rauch, um verbrannt zu werden, mit einem sehr großen Luftvolumen vermischt werden muß. Bei Anwendung eines Rostes mit rückkehrender Flamme und umgekehrter Verbrennung ist hingegen die Temperaturverminderung bei einer guten Leitung des Feuers fast Null.

Der Ofen des Röhrenkessels (Fig. 214) besteht aus einem Schürloch A, ferner aus der Luftkammer B, in die das Brennmaterial geworfen wird, und aus dem Rost C. Er besteht ferner aus dem Herde oder der Feuerkammer D, welcher von der Luftkammer durch einen Rost und durch einen Schieber getrennt ist. Der untere Theil des Raumes D dient als Aschenfall. Das Schürloch A, dessen Oeffnung durch eine Schieberthüre regulirt wird, ist etwas über dem Boden X angebracht, der die Aschenfallvertiefung bedeckt. Das Brennmaterial ist zugleich in dem ersten Raume enthalten und liegt auf dem Roste, das frisch eingeschürte oben und das glühende unten. Der Zug geht von oben nach unten vor sich und die Gase verbrennen durch ihren Weg durch das glühende

Fig. 214.

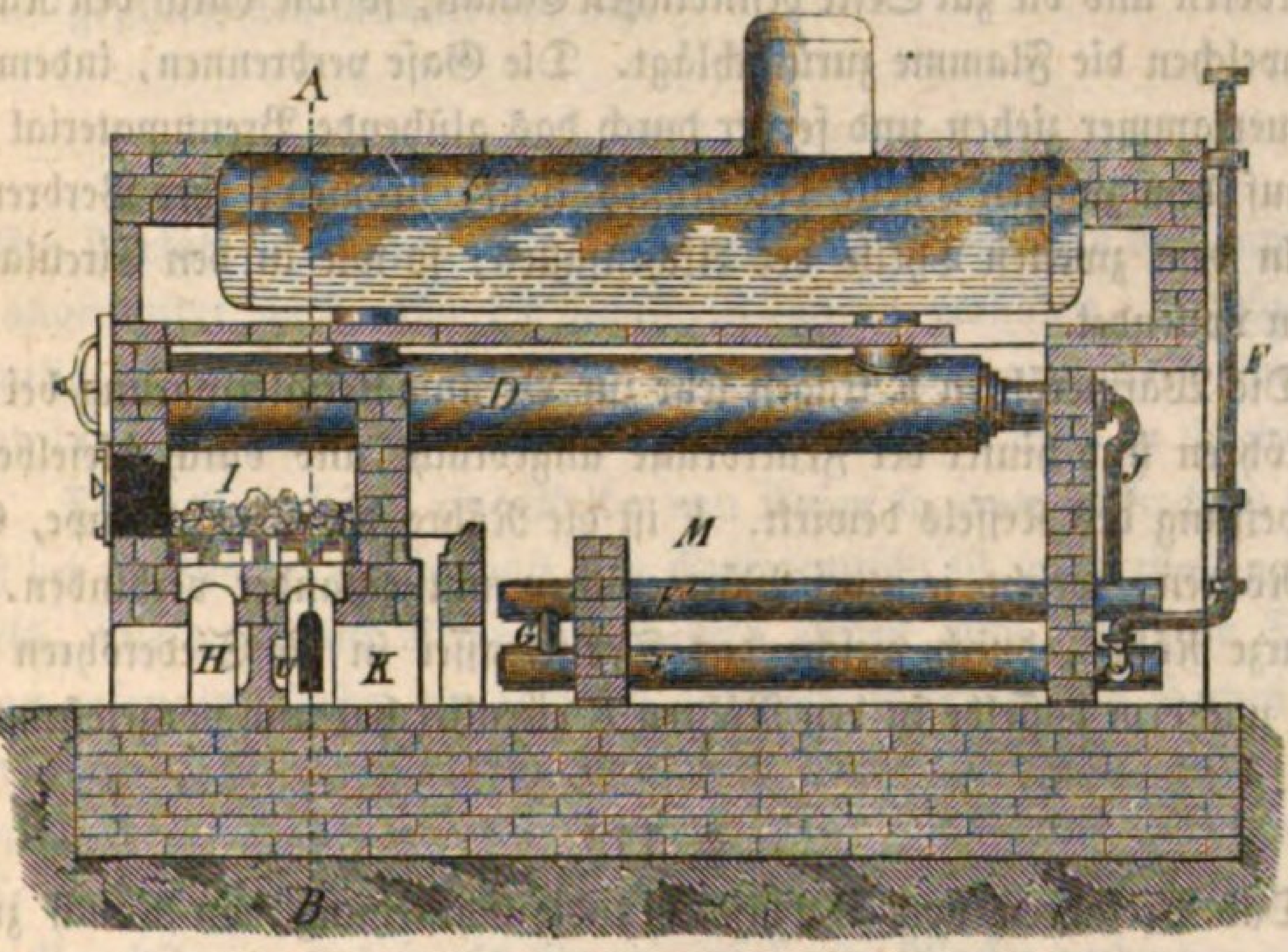


Brennmaterial. Die Rauchleitungscanäle beginnen in der Luftkammer bei V und gehen in den Herd bei V' aus; sie sind mit Ventilen versehen und dürfen nur einen Augenblick nach jedem Schüren geöffnet bleiben, damit die aus dem frischen Brennmaterial entwickelten Gase direct in den Herd gelangen, wo sie ebenfalls verbrennen, weil sie mit einer genügenden Menge reiner Luft gemischt sind. Der hintere Theil der Röhren des Röhrenkessels mündet in einen Raum U aus, über welchem sich der Schornstein erhebt.

§. 772.

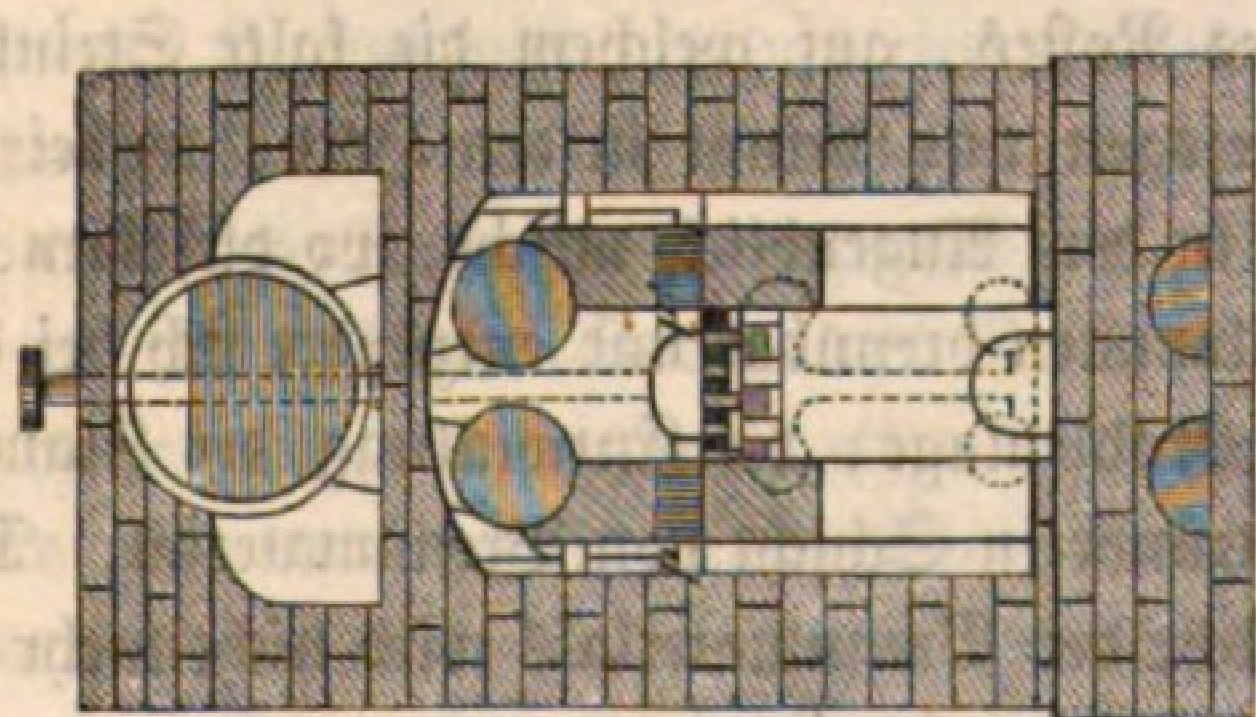
Bei dem gewöhnlichen Kessel mit doppeltem Rost und mit zurückschlagender Flamme (Fig. 215) ist der Aschenfall mittelst eines senkrechten Scheiders in zwei Abtheilungen H und K getheilt.

Fig. 215.



Beide Roste liegen in einer Ebene und bilden eigentlich nur einen Rost. Der Raum d ist die Feuerkammer, worin ein Theil von den Siedern D liegt, welche die Wärme von dem Herd durch unmittelbare Berührung erhalten. Der Theil M ist der Eingang zu den Canälen, welche die heißen Gase durchströmen, ehe sie in den Schornstein gelangen. Der verticale Scheider, auf dessen unterem Rande das Ende des Rostes ruht, trennt die Feuerkammer von den Circularcanälen; dieser Scheider ist in der Ebene des Rostes mit einem oder mehreren Canälen versehen, um die Wärme abziehen zu lassen. Fig. 216 stellt die Wärmecanäle

Fig. 216.



P P′ zu beiden Seiten des Ofens dar. Der Rückschlag der Flamme wird durch den Raum K (Fig. 215) bewirkt. Bei dieser Einrichtung geht der Zug nach zwei Richtungen, zuerst von unten nach oben, wie bei den gewöhnlichen Oefen, dann von oben nach unten durch den zweiten Theil des Rostes und den zweiten Theil des Aschenfalles. Die Wärmeentwicklung erfolgt durch die vorderen und die zur Seite befindlichen Canäle, so wie durch den Raum K, durch welchen die Flamme zurückschlägt. Die Gase verbrennen, indem sie in die Feuerkammer ziehen und ferner durch das glühende Brennmaterial, welches auf dem zweiten Theile des Rostes liegt, strömen; ihre Verbrennung wird in dem zweiten Theile des Aschenfalles, so wie in den Circulationscanälen vollendet.

Die Wärmeröhren E tragen sehr zur Brennmaterialersparung bei; diese vier Röhren sind hinter der Feuerbrücke angebracht und durch dieselbe wird die Speisung des Kessels bewirkt. F ist die Röhre der Speisepumpe, G sind kurze Röhren, welche je zwei Wärmeröhren mit einander verbinden. J ist eine kurze Röhre, durch welche das Speisewasser in die Siederöhren D gelangt, nachdem dasselbe in den Röhren E circulirt hat und vorgewärmt worden ist.

§. 773.

Das Verfahren von Duméril, die Entstehung von Rauch zu verhüten, beruht einfach darauf, daß man die gegenwärtige Methode des Nachschürens umkehrt, d. h. die frische Kohle unter die brennende bringt, ohne jedoch dabei die Grundbedingungen guten Zuges außer Acht zu lassen. Dieses wird durch einen Canal erreicht, dessen Querschnitt gegen den Ofen zu wächst; in diesen Canal werden durch seine kleinere Mündung die Kohlen außerhalb des Ofens eingeschoben; er mündet gegen die Mitte des Herdes unter einem Winkel von etwa 40° aus. Auf letzterem Theile seiner Länge ist er rostartig durchbrochen.

Man heizt den Ofen mit Koks an und unterhält das Feuer durch Steinkohlen. Da letztere nur durch eine ihrer Flächen mit der Wärme in Berührung kommen, so destilliren sie auch nur auf einer Seite. Die frische Luft in der Nähe des Rostes, auf welchem die kalte Steinkohle liegt, wird durch den Zug eingesogen und dringt in den Herd, wobei sie sich mit den Kohlenwasserstoffen in dem Augenblicke mischt, wo dieselben entstehen. Dieses Gemisch ist vollkommen brennbar und entzündet sich bei dem Durchgange durch die glühende Kohlenlage; die Entwicklung der Flamme erfolgt über einer vollständig entzündeten Schicht von Brennmaterial. Die Wärmestrahlung der oberen Fläche des Brennmaterials wird nicht mehr durch das Darüberlegen neuer Kohlen unterbrochen.

Der Rost besteht aus drei Abtheilungen, daher man den Zug nach Belieben örtlich verstärken kann, entweder an denjenigen Stellen, wo sich die rauchbildende rohe Steinkohle befindet, oder auf dem Theile des Rostes, welcher mit den in Koks übergegangenen Steinkohlen bedeckt ist. Da das Nachschüren nicht mehr durch die Thüre geschieht, so geht die ganze Verbrennung im geschlossenen Raume vor sich.

§. 774.

Ein Verfahren, welches in der Gegend von Newcastle mit gutem Erfolge angewendet wird, um die Rauchbildung zu verhüten, ist folgendes: Sämmtliche rauchentwickelnde Herde einer Fabrik werden mittelst eines weiten und langen gemauerten Canales mit einer einzigen Esse in Verbindung gesetzt. Dieser Canal hat eine Reihe von Knien in einer senkrechten Ebene, so daß der Gasstrom, welcher mit dem Ruß gemischt ist, wiederholt auf- und abwärts, wie durch eine Reihe von Hebern ziehen muß, um zum Schornsteine zu gelangen. Jeder der abwärts gehenden Schenkel des Herdes ist an seinem oberen Theile verschlossen und zwar durch ein Becken mit Rändern von verschiedener Höhe, dessen metallener Boden mit kleinen Löchern wie die Brause einer Gießkanne versehen ist. Durch diese Löcher fällt Wasser mitten in den Rauchstrom; das so als Regen einfallende Wasser verhindert den Zug nicht, sondern befördert ihn, weil es in derselben Richtung fällt, in welcher der Gasstrom sich bewegt. Alle von letzterem mitgeführten festen Theilchen werden durch das wiederholte Waschen abgeschieden und bleiben auf dem Wasser der Sohle des Canals als Ruß liegen, wo sie nach einiger Zeit hinweggenommen werden.

Jean in Paris hat das Princip des Waschens des Rauches in etwas anderer Weise als oben beschrieben angewendet: Der Rauch und die Gase strömen hier aus dem letzten Kesselcanale in einen unterirdischen Canal, welcher bis zur Esse geht und dessen Sohle mehrere Centimeter hoch mit Wasser bedeckt ist. Dieser Canal heißt der hydraulische Canal. Der aus der Dampfmaschine entweichende Dampf wird bis zu diesem Canale geführt, wo er zum größten Theile durch einen Strahl kalten Wassers verdichtet wird, der als Regen der Richtung des Dampfes entgegenströmt. Etwas weiterhin im Canale befindet sich ein Rührer in Form eines Schaufelrades, dessen Schaufeln die Oberfläche des Wassers berühren, ohne darin einzutauchen; die Kanten desselben sind oben mit wedelähnlichen Pinseln versehen, welche in das Wasser treten, dasselbe aufnehmen, heben und wieder wegschleudern, so daß es in feinen Tropfen niederfällt. Das Wasser im hydraulischen Canal wird

folglich erwärmt und dient, nachdem es filtrirt worden ist, zur Speisung des Dampfkessels.

§. 775.

Während es bisher in der Pyrotechnik als Axiom galt, daß die Weite und Höhe eines Fabrikschornsteins in einem bestimmten Verhältnisse zu dem in einer bestimmten Zeit verbrannten Brennstoffquantum stehen müsse, hat L. Gall in neuerer Zeit Schornsteine gebaut, welche den höchsten Punkt der Gebäude nur um 2 Fuß überragen und nicht mehr die Aufgabe haben, den Zug zu befördern, sondern lediglich einen Abflußcanal für die Verbrennungsproducte bilden.

Da die Temperaturdifferenz die Ursache der Luftströmung in einem Ofen ist, so sucht Gall diese Bedingung durch eine constant sehr hohe Temperatur des Verbrennungsraumes zu erfüllen. Um nun diese herbeizuführen, mußten alle jene Veranlassungen von Wärmeverlusten auf ein Minimum reducirt werden; dahin gehören folgende:

a) Beim Aufgeben von Brennmaterial findet stets eine Erniedrigung der Temperatur des Feuerraumes statt, sowol durch den kälteren Brennstoff, als auch durch übermäßiges Zuströmen kalter Luft. Die Abhülfe besteht darin, daß man die Rostfläche theilt und durch die reihenweise Beschickung der einzelnen Abtheilungen die dabei unvermeidliche Temperaturerniedrigung auf ein Minimum zurückführt. In der That ist hierdurch, selbst beim Aufgeben von Brennstoff, der Rauchbildung wesentlich vorgebeugt.

b) Die Einrichtung des Ofens muß den Heizer nöthigen, nie zu große Quantitäten Brennstoff auf einmal aufzugeben und mit diesen die Rostfläche gleichmäßig bedeckt zu erhalten.

c) Die herkömmlichen und für unvermeidlich gehaltenen Wärmeverluste durch die Mauerwände und Heizthüren werden auf diese Weise vermieden, daß man die zu vollständiger Verbrennung erforderliche Luft zuvor alle jene Flächen passiren läßt, denen sonst solche Wärmeverluste entquellen. Man bringt auf diese Weise die bereits entweichende Wärme stets wieder in den Heizraum zurück.

d) Die Theorie des „lebhaften Zuges" führt ferner den unangenehmen Umstand mit sich, daß die mit Wärme beladenen Gase viel zu rasch an der Siedefläche vorübereilen.

Um dem vorzubeugen, läßt Gall die zur Verbrennung erforderliche Luft zwar in gleicher Menge wie bei dem lebhaftesten Zuge, aber langsamer zu dem Brennmaterial strömen, wodurch dann auch die erwärmte Luft länger mit den Kesselwänden in Berührung bleibt. Zu diesem Behufe mußte sowol

die freie Rostoberfläche, als auch die Querschnittfläche des Schornsteins vergrößert werden. Um die zur innigen Mengung der in die unverbrannten Gase und den Rauch einströmenden Luft, so wie zur vollständigen Verbrennung dieses Gemenges vor der Berührung mit der Kesselfläche erforderliche Zeit zu gewinnen, mußte erst gefunden werden, daß der Rost 10 Fuß und noch mehr unter dem Kessel liegen darf. In diesem dadurch bedeutend verlängerten Feuerraume zwischen Rost und Kesselfläche fand ein ausreichender Zug statt und es konnte nun von den hohen Schornsteinen abgesehen werden, wie in der That, wie schon angeführt, die Gall'schen Schornsteine nur Abflußcanäle für die Verbrennungsproducte sein sollen.

§. 776.

Als Beispiel folge die Beschreibung eines vier Feuerherde enthaltenden Kesselofens nach Gall's System. Die hierzu gehörigen Abbildungen sollen blos die Construction der Oefen im Allgemeinen veranschaulichen, ohne in den Dimensionen der einzelnen Theile des Ofens maßgebend zu sein. Fig. 217 äußere Ansicht des Ofens, Fig. 218 verticaler Durchschnitt desselben nach den durch die Fig. 219, 220 und 221 gezogenen Linien I—II; Fig. 219 Grundriß desselben nach den durch die Fig. 217 und 218 gezogenen Linien III—IV;

Fig. 217.

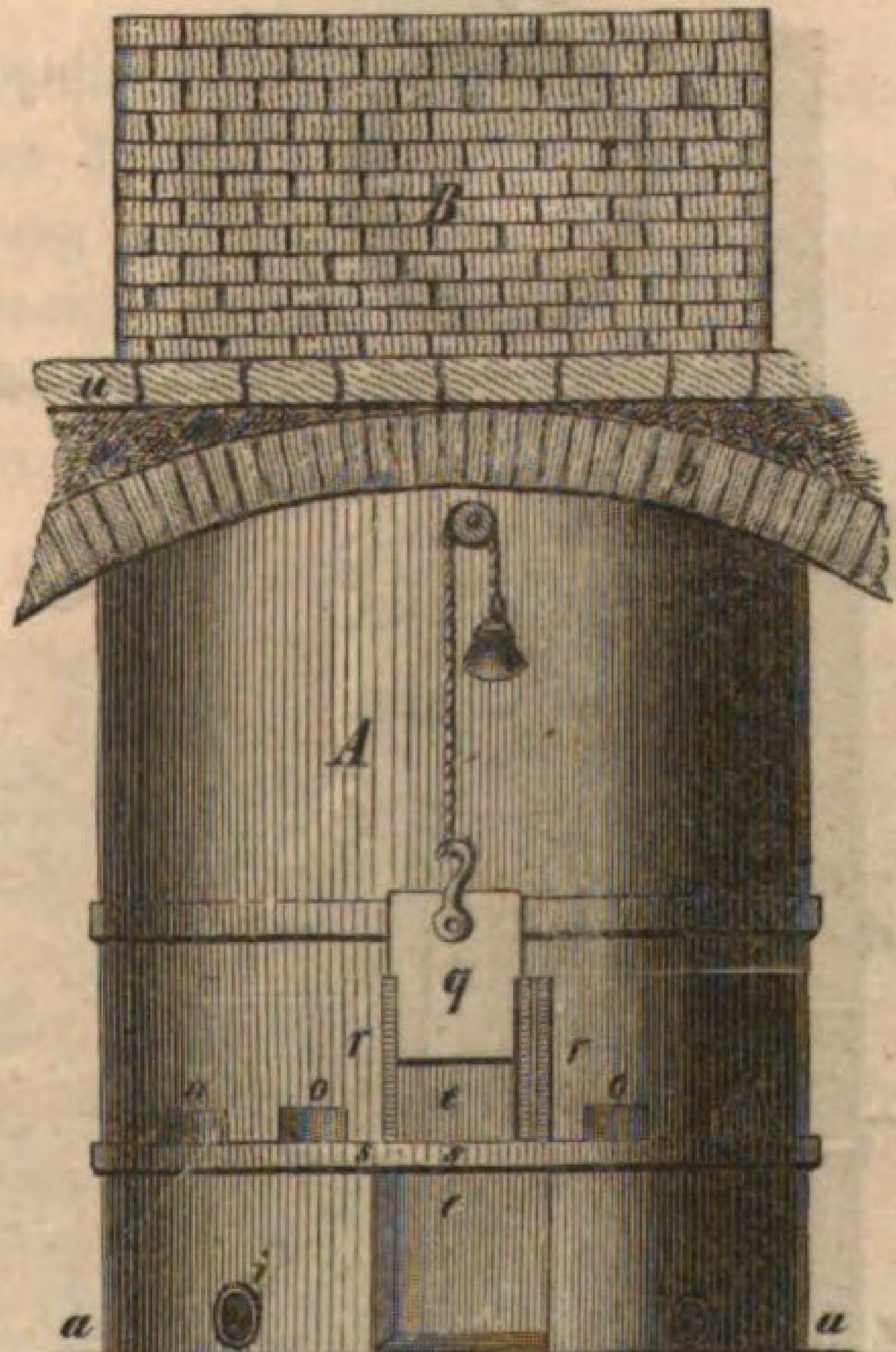
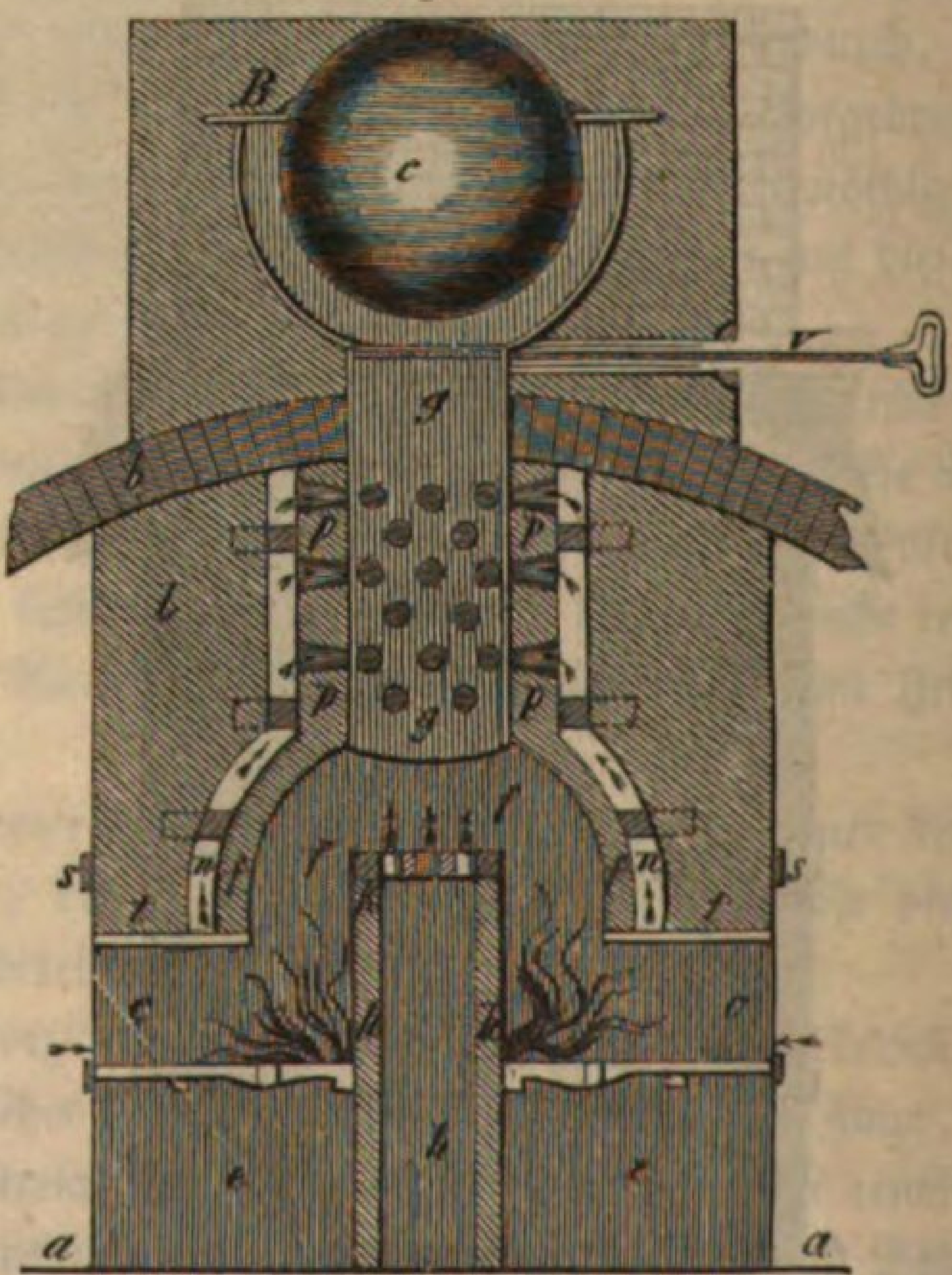


Fig. 220 horizontaler Durchschnitt nach den Linien V—VI; Fig. 221 horizontaler Durchschnitt nach den Linien VII—VIII.

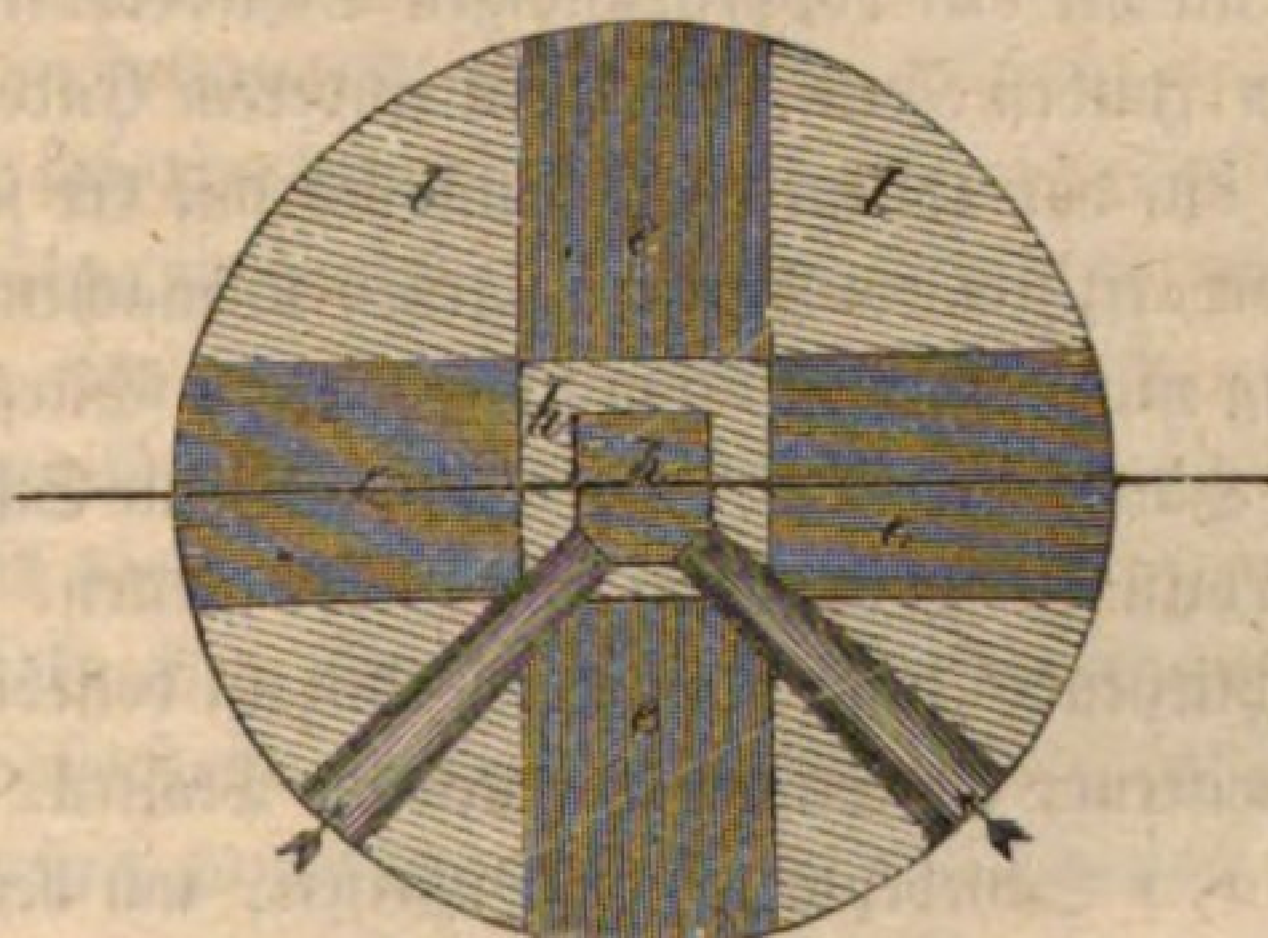
A ist der Ofen, B die Ummauerung des Dampfkessels, C der Dampfkessel. Der Ofen erscheint hier als freistehender senkrechter Cylinder mit kreisförmiger Basis. Man giebt jedoch dem Ofen nach Umständen auch eine quadratische, eine fünf- bis achteckige Basis, so wie man ihn auch zuweilen auf der Basis eines Kreisabschnittes aufführt und sich an eine Mauer der Heizkammer anlehnen läßt. a die Sohle der überwölbten Heizkammer; b die Wölbung der Heizkammer; c, c, c, c die Schürhälse; d, d, d, d die Roste der vier Feuerherde; e, e, e, e die Aschenfälle. Nach Umständen bringt man jedoch auch nur drei Aschenfälle an oder steigt bis zu acht. f, f eine die vier Feuerherde überspannende kuppelförmige Wölbung von feuerbeständigen Ziegeln (kann unter Umständen auch als Kreuzgewölbe aufgeführt werden). g, g ein kreisrunder oder auch im Querschnitt quadratischer oder länglich viereckiger Feuerschlot von feuerbeständigen Ziegeln, durch welchen die die entwickelte Wärme mit sich führende Luft, die Feuerluft, zu dem Kessel gelangt, und in welchem die noch nicht verbrannten Producte der der Verbrennung vorhergehenden Destillation, so wie die nur halb verbrannten Gase und die mit fortgerissenen staubförmigen Kohlentheilchen (der Rauch) vollends verbrannt werden. Gall nennt ihn deshalb auch wol den Rauchverbren-

Fig. 218.



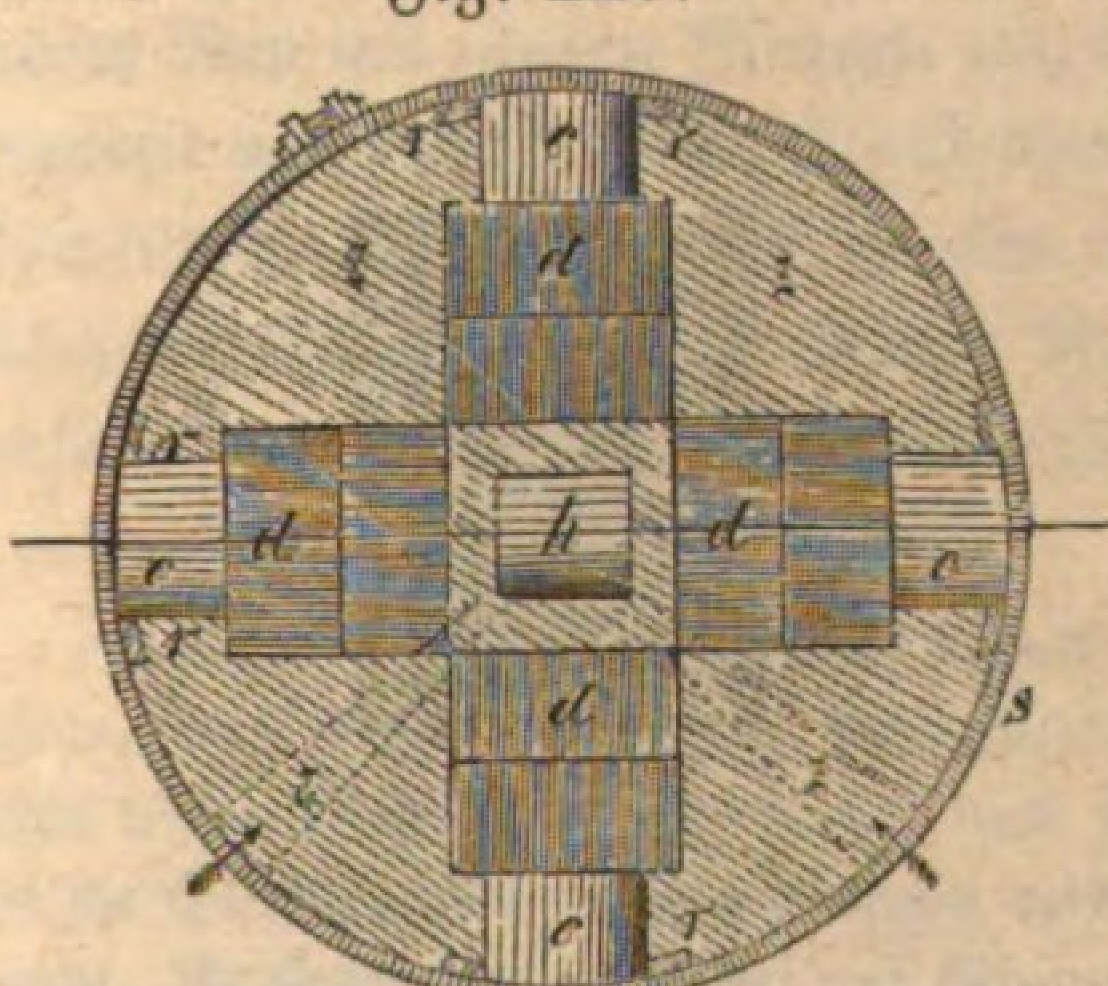
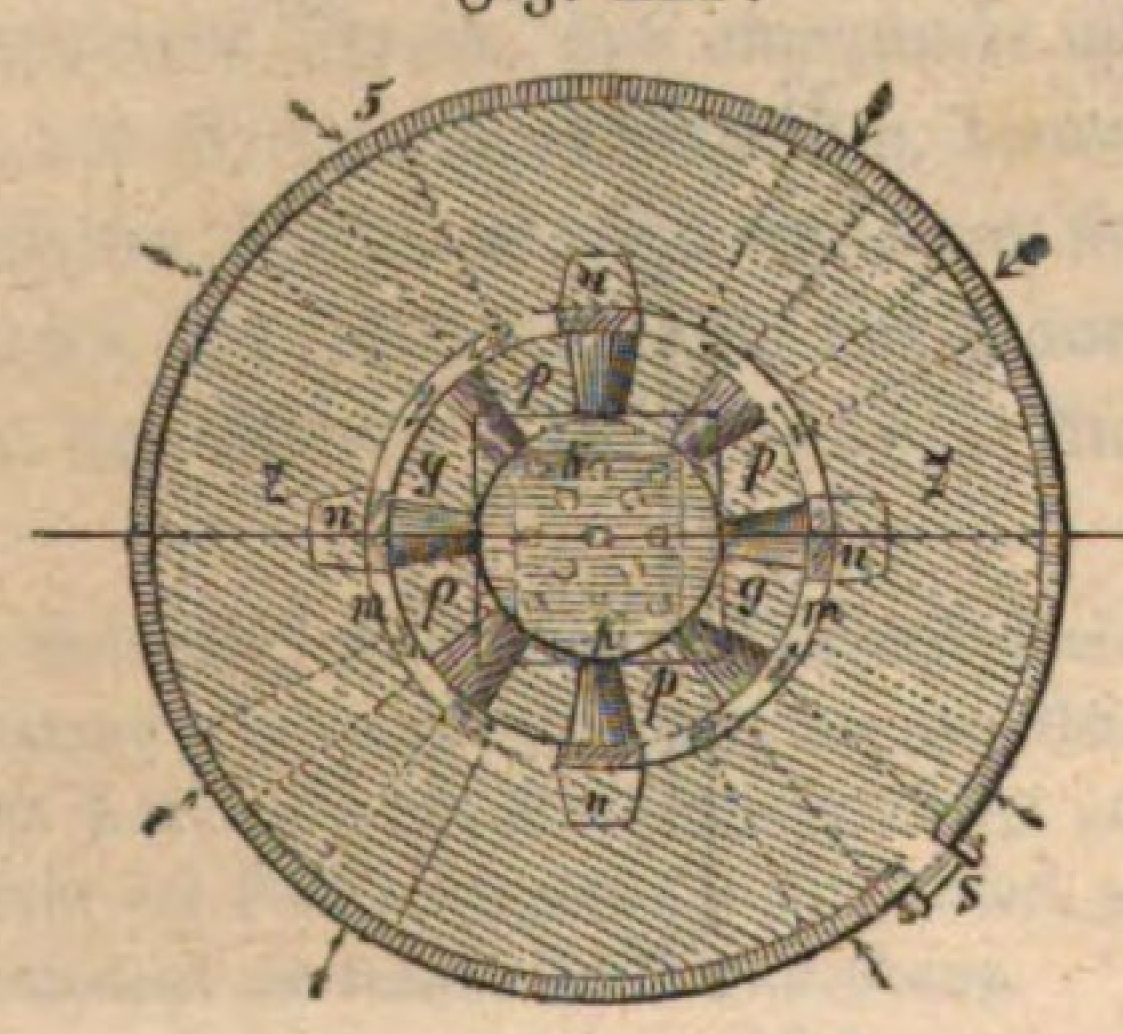
nungsschlot. Nach Umständen setzt man diesen Schlot auch, ohne den Feuerraum zu überwölben, unmittelbar auf die denselben einschließenden Mauern, indem man ihn sich nach oben allmälig verengern läßt. h, h ein senkrechter viereckiger, oberhalb der Roste aus feuerbeständigen Ziegeln aufgeführter Luftcanal, an den sich die vier Feuerherde anschließen. i, i zwei gußeiserne, am Boden in den Canal h mündende Luftzuführungsröhren. k eine die obere Oeffnung des Canals h bedeckende feuerbeständige Ziegelplatte mit zahlreichen, nach oben bis auf 6—8 Linien Durchmesser sich verjüngenden Oeffnungen, durch welche die in dem Canale erhitzte Luft in die der Verbrennung entgangenen Gase u. s. w. strömt, welche sich in den Schlot g erheben. l, l ein

Fig. 219.



Mantel von gewöhnlichen Ziegeln, welcher das innere Mauerwerk g, h in einem Abstande von 3 bis 4 Zoll umschließt. m, m freier Zwischenraum zwischen der Wölbung f und dem Schlot g einer- und dem Mantel l andererseits. n, n etwa zwanzig oder mehr Verbandziegel, welche, außer daß sie den Mantel l mit der Wölbung f und dem Schlot g verbinden, noch die gleich anzugebende Bestimmung haben. o o acht (oder mehr oder weniger) in dem

Fig. 220. Fig. 221.

Mantel f gesparte Luftcanäle, durch welche kalte Luft in den Zwischenraum m dringt. p, p konische Röhren in großer Anzahl, durch welche die in dem Zwischenraume m erhitzte Luft von allen Seiten in das Innere des Schlots g strömt, um den diesen durchstreichenden Gasen und Kohlentheilchen den zu ihrer Verbrennung nöthigen Sauerstoff zuzuführen. (Die Verbandziegel n, n bewirken, daß die in dem Zwischenraume m, m sich aufwärts bewegenden Luftströme sich an denselben mehrfach zerstoßen und zersplittern und, in Folge davon, die durch die Mauern der Wölbung f und des Schlots g gedrungene Wärme mit immer neuen Berührungspunkten aufnehmen, so daß die zur Vollendung der Verbrennung dienende Luft mit einer sehr hohen Temperatur in das Innere des Schlots g gelangt und Wärmeausstrahlung verhütet wird.) q eine der vier doppelwandigen Schiebethüren mit einer über eine Rolle gehenden runden Kette, an deren anderem Ende ein solches Gegengewicht befestigt ist, daß es nur eines Anstoßes mit der schon mit Kohlen gefüllten Schaufel bedarf, um die Thüre aufgehen zu machen und eine etwas größere Anstrengung nur nöthig ist, um sie wieder zu schließen, wozu dann aber der Heizer die Hände frei hat. r, r, r, r gußeiserne Schiebrahmen (hier blos angedeutet), worin die Thüren auf und nieder gleiten. s, s eiserne, die Mantelmauer umschließende Zugreifen, deren Anzahl beliebig vermehrt werden kann. t, t gußeiserne, die Schürhälse deckende Platten. u, u Fußboden der Kesselkammer. v, v Schiebeplatte von Gußeisen, um bei unterbrochenem Betriebe den Schlot g abzusperren und dadurch die Abkühlung des Ofens großentheils zu verhüten.

Fig. 223 ist eine vordere Ansicht einer der doppelwandigen Schiebethüren, woran die vordere Wand zerbrochen dargestellt ist. Fig. 222 zeigt eine solche Schiebethür im senkrechten Querdurchschnitte. Diese Thüren bilden ein oben und zu beiden Seiten geschlossenes Gehäuse, auf dessen gußeiserner Hinterwand a der vordere aus Eisenblech gebildete Theil b mit Nieten befestigt ist. Die hintere Wand ist oben mit vielen Löchern von drei Linien

Fig. 222.



Fig. 223.



Durchmesser versehen, durch welche die unten in das Gehäuse eintretende Luft erhitzt wird und mit vermehrter Geschwindigkeit über der Brennmaterialschicht in den Feuerherd strömt und hierher einen Theil des zur Verbrennung der Destillationsproducte nöthigen Sauerstoffs liefert.

Anhang zu den Brennmaterialien.

Ruß.

§. 777.

Der Ruß oder Kienruß (Kienrauch, Kienschwarz, Rußschwarz, noir de fumée, *soot*) ist bekanntlich amorpher Kohlenstoff, welcher sich beim Verbrennen von Holz, besonders von harzreichem, bei nicht genügendem Luftzutritt oder durch Abkühlung in Gestalt eines zarten schwarzen Pulvers ausscheidet.

Der Rauch, der aus den Schornsteinen entweicht, ist, wie aus dem vorigen Kapitel zur Genüge hervorgeht, ein Gemenge von unvollständig verbrannten und stark abgekühlten Gasen, welches durch beigemengten Ruß grau oder schwarz gefärbt ist. Wird den Producten der trocknen Destillation des Holzes (Kohlenwasserstoffe, Theer, Holzgeist, phenylige Säure, Kreosot 2c.) nur so viel Sauerstoff zugeführt, daß nur der Wasserstoff nebst einem Theile des Kohlenstoffs verbrennen kann, so scheidet sich ein großer Theil des Kohlenstoffs als Ruß aus. Dieselbe Rußabscheidung findet statt, wenn die gas- und dampfförmigen Producte, durch deren Verbrennung die Flamme sich bildet, durch Einströmen großer Mengen kalter Luft abgekühlt werden.

Der an den inneren Wänden der Zug- und Heizcanäle sich absetzende Ruß ist von verschiedener Beschaffenheit; derjenige, der sich im unteren Theile der Schornsteine, der Feuerstätte am nächsten, ablagert, bildet eine glänzende, dunkel braunschwarze Kruste, den Glanzruß, ein Gemenge von eigentlichem Ruß mit großen Mengen eingetrockneten Theers, das angezündet mit Flamme verbrennt und zur Darstellung des Bister (Chemischbraun, bistre) Anwendung findet[1]). Der in den höheren Theilen des Schornsteines sich absetzende Ruß enthält nur geringe Mengen von Theer, ist flockig und braun, erdförmig zusammengebacken und führt den Namen Flatterruß. Aus

[1]) Man stellt den Bister auf folgende Weise dar: Fein gepulverter Glanzruß wird mit warmem Wasser ausgezogen, bis dasselbe daraus nichts mehr aufnimmt; die zurückbleibende teigige Masse wird geschlämmt, nach dem Schlämmen mit Gummiwasser versetzt und bis zur Consistenz des weichen Wachses verdünnt als *Bistre en pâte* in den Handel gebracht. Er findet in der Wasser- und Miniaturmalerei als braune Farbe Anwendung.

der Entstehung des Rußes kann man schon im Voraus seine qualitative Zusammensetzung bestimmen. Er enthält nämlich saure Theerbestandtheile, welche durch die basischen Bestandtheile der mit fortgerissenen Asche (Kali, Kalk, Magnesia) gesättigt sind, ferner die übrigen in der Asche enthaltenen Salze, nebst Eisenoxyd, Kieselerde und Kohle, welche letztere den eigentlichen Ruß bildet. Dieser Kohlengehalt ist im Ruß von Holz sehr gering, dagegen nimmt seine Menge im Ruß von Harz- und Oelsubstanzen zu, so daß der Ruß von solchen Körpern, z. B. Kienruß und Lampenruß, fast nur aus Kohle besteht.

Braconnot fand bei der Analyse von Ruß aus gewöhnlichem Holze in 100 Theilen:

Humin	30,20
Stickstoffhaltigen, extractartigen Stoff	20,00
Asbolin [1]	0,50
Kohlensauren Kalk mit Spuren von Magnesia	14,66
Essigsauren Kalk	5,65
Schwefelsauren Kalk	5,00
Phosphorsauren Kalk	1,50
Essigsaures Kali	4,10
Chlorkalium	0,36
Essigsaures Ammoniak	0,20
Essigsaure Magnesia	0,53
Kieselerde	0,95
Kohle	3,85
Wasser	12,50
	100,00

Der untersuchte Ruß war Flatterruß.

Der Ruß von gewöhnlichem Holze, namentlich der Glanzruß, wird zur Conservation des Fleisches angewendet. Zu diesem Zwecke wird gepulverter Glanzruß mit 16 Theilen heißen Wassers angebrüht und der durchgeseihete Auszug mit Kochsalz versetzt. In diese Flüssigkeit legt man die zu räuchernden Gegenstände mehrere Stunden ein und trocknet sie darauf an einem luftigen Orte. Es ist einleuchtend, daß der Glanzruß die conservirenden Eigenschaften einem Gehalte an Kreosot und phenyliger Säure verdankt.

§. 778.

Wie schon erwähnt, entsteht der sogenannte Kienruß durch die unvollständige Verbrennung sauerstoffarmer, aber kohlenstoffreicher, demnach mit

[1] Mit dem Namen Asbolin bezeichnet Braconnot den scharfen und bittern Bestandtheil des Rußes; das Asbolin ist ein ölartiger gelber Körper von sehr scharfem Geschmack, nicht flüchtig und in einer großen Menge Wasser löslich.

rußender, bei genügendem Sauerstoffzutritte mit stark leuchtender Flamme verbrennender Stoffe. Solche Körper sind Fette und Oele, Harze, flüchtige Oele, Campher u. s. w. Der auf diese Weise sich bildende Ruß enthält nur geringe Mengen von Theerbestandtheilen und besteht größtentheils aus Kohle. Die Menge der Theerbestandtheile ist indessen immer noch so bedeutend, daß der Kienruß darauf gegossenes Wasser nicht annimmt und um mit wässerigen Flüssigkeiten gemengt werden zu können, vorher mit Alkohol oder Branntwein befeuchtet werden muß, welcher die Theerbestandtheile theilweise löst.

Nach der Analyse von Braconnot besteht der Kienruß in 100 Theilen aus:

Kohle	79,1
Brandharz, in Alkohol löslich,	5,3
Brandharz, in Alkohol unlöslich,	1,7
schwefelsaurem Ammoniak	3,3
Gyps	0,8
schwefelsaurem Kali	0,4
phosphorsaurem Kalk (eisenhaltig)	0,3
Humin	0,5
Wasser	8,0
Sand (zufällig)	0,6

Außerdem hat v. Reichenbach auch Naphtalin im Kienruß gefunden.

§. 779.

Man stellt den Kienruß in besonderen Kienrußbrennereien dar, in welchen harzreiches Nadelholz, Theerbrände und andere harzreiche Substanzen (in Rußland auch Birkenrinde) in einem Ofen mit nicht hinreichendem Luftzutritte verbrannt werden. Der sich dabei reichlich entwickelnde schwarze Rauch wird durch einen langen horizontalen Canal in eine Holzkammer geführt, deren Decke aus einem ausgespannten Flanell- oder Leinwandsacke, der sogenannten Haube besteht. Der feinere Ruß setzt sich in der Kammer und der Haube, der minder feine schon vor der Kammer ab. Er wird von Zeit zu Zeit zusammengefegt. Anstatt in einer einzigen Kammer mit Haube, sammelt man den Ruß auch in mehreren mit einander in Verbindung stehenden Kammern, wo dann in der letzten Kammer sich der feinste, besonders zu Buchdruckerschwärze sich eignende Ruß absetzt. In England wendet man zum Auffangen des Rußes weite Säcke an, die durch eiserne Röhren mit einander communiciren. Da der frische Ruß sich zuweilen von selbst an der Luft entzündet, so läßt man die Kammer jedesmal erkalten, ehe man den Ruß zusammenfegt.

Anstatt harzigen Holzes läßt sich auch Backkohle (vergl. Seite 682) zur Rußbereitung anwenden.

Die Versendung des Rußes geschieht in Fässern von 20 bis 50 Pfund (Pfundruß) oder in kleinen hölzernen Butten von $1/2$ Quentchen bis $2 1/2$ Loth Inhalt (Fäßchenruß).

§. 780.

Der Kienruß wird bekanntlich als Farbe im Buch-, Kupfer- und Steindruck gebraucht. In vielen Fällen müssen vor der Anwendung die Theerbestandtheile aus dem Ruße entfernt werden, weil sie der Farbe einen Stich ins Bräunliche geben. Die Entfernung derselben durch Behandeln des Rußes mit Alkohol ist ungenügend und kostspielig; man zieht es deshalb vor, jene Bestandtheile durch Glühen zu zerstören. Auf den Kienrußbrennereien geht die Reinigung des Rußes auf folgende Weise vor sich: Es wird eine mit Ruß angefüllte große Tonne in die Erde gegraben, so daß der obere Deckel mit der Fläche des Erdbodens gleich ist. Man treibt darauf mit Hülfe einer eisernen Setzstange oder eines Pfahles einen Canal durch die Mitte des Rußes, bringt in den Canal (die Zündgasse) mit Terpentinöl befeuchtetes Werg und zündet dasselbe an, worauf die Tonne mit einem Deckel bedeckt wird. Das Feuer pflanzt sich nach und nach durch die ganze Masse des Rußes fort, welcher auf diese Weise durchglüht wird. Es verbrennen hierbei die harzigen Bestandtheile, allerdings auch ein Theil des Rußes. Durch das Ausglühen nach der beschriebenen Methode erleidet der Ruß einen Gewichtsverlust von 10—18 Proc.

Vortheilhafter ist es, den Ruß in Blechcylindern, die aus zwei mittelst Charnieren verbundenen Hälften bestehen, fest einzustampfen, und diese Cylinder in einen größeren gußeisernen Cylinder zu bringen, welcher auf der vorderen Seite durch einen Deckel verschlossen werden kann, auf der hinteren Seite aber mit einem eisernen Rohre versehen ist, das in den Feuerherd mündet. Wird die gußeiserne Retorte erhitzt, so werden die Theerbestandtheile des Rußes theils verflüchtigt, theils zerstört; die flüchtigen Producte verbrennen in dem Feuerraume. Sobald das eiserne Ableitungsrohr kalt wird, ist das Ausglühen beendigt. Der durch Ausglühen von den Theerbestandtheilen befreite Ruß heißt gebrannter Kienruß (noir de fumée calciné, *burnt black*).

Je feiner und je sorgfältiger der Kienruß von den Theerbestandtheilen befreit wurde, desto größer ist sein Färbevermögen. Man ermittelt dasselbe nach Runge auf folgende Weise. Man stellt eine Mischung dar von

1 Th. des zu prüfenden Kienrußes,
2 Th. Alkohol,
24 Th. Gummiwasser, welches 2 Th. arabisches Gummi

gelöst enthält, nimmt dann mit Hülfe eines trocknen Pinsels etwas von der Mischung heraus und streicht damit auf Schreibpapier, welches in Quadratzolle abgetheilt ist. Wurde der Pinsel vorher mit der Farbe gewogen und wiegt man ihn nach dem Anstriche wieder, um die Quantität der zum Aufstreichen erforderlich gewesenen Farbe zu ermitteln, und zählt endlich die geschwärzten Quadrate, so läßt sich das Färbevermögen des Kienrußes bestimmen, da eine Rußsorte um so besser ist, je mehr Quadrate bei gleichem Gewichte mit ihr geschwärzt werden können.

Weit feiner als der Kienruß ist der Lampenruß (noir de lampe, *lamp-black*), welcher beim Brennen von fetten Oelen (Rüböl, Olivenöl) oder Camphin, Benzol, Photogen ꝛc. in Lampen sich bildet. Um vermehrte Rußbildung zu bewirken, läßt man über den Lampen Blechdeckel anbringen, an deren innerer Fläche sich der Ruß ansammelt. Prechtl empfiehlt, um eine größere Ausbeute zu erhalten, folgende Vorrichtung: Eine Blechwalze ist mit einem Mechanismus versehen, vermöge dessen sie sich in der Flamme dreht und von der Seite an eine Bürste streift, durch welche der gebildete Ruß ununterbrochen abgekehrt wird. Auf diese Weise werden immer neue abgekühlte Flächen der Flamme dargeboten.

Die Erzeugung der Lichtbilder.

(Als Anhang.)

Einleitung.

§. 781.

Schon im 16. Jahrhundert war es bekannt, daß Chlorsilber (Hornsilber) sich am Lichte leicht schwärze, und man kennt ausführliche Vorschriften, um das Innere von Glasgefäßen mit einem Brei von Chlorsilber und Kreide zu überziehen und darauf vor dem Lichte geschützt zu trocknen. Die Außenseite der Gefäße wurde mit Figuren, Buchstaben 2c., in schwarzem Papier ausgeschnitten, überklebt und das Gefäß darauf dem directen Sonnenlichte ausgesetzt, wodurch die ganze überstrichene Fläche geschwärzt wurde, mit Ausnahme der beklebten Stellen. Scheele beobachtete 1773, daß verschiedenfarbiges Licht von gleicher Intensität sehr ungleich das Chlorsilber schwärze, und daß die violetten Strahlen am kräftigsten, die rothen und gelben am schwächsten einwirken. Wedgwood kam schon auf die Idee, diese Schwärzung des Chlorsilbers durch das Licht zu benutzen, um die Bilder der Camera obscura aufzunehmen. H. Davy stellte mit Hülfe des Sonnenmikroskopes Bilder kleinere Gegenstände auf Chlorsilberpapier dar, die aber, wegen der dauernden Einwirkung des Lichtes auf das Chlorsilber, bald wieder verschwanden. Ebenso gelang es Charles und Wollaston nicht, die Bilder der Camera obscura zu firiren. Seit dem Jahre 1814 beschäftigte sich Niepce de St. Victor, ein Gutsbesitzer, der sich in die Gegend von Chalons sur Marne zurückgezogen hatte, mit Versuchen, um die Eigenschaft gewisser Harze, durch den Einfluß des directen Sonnenlichtes in Alkohol fast unlöslich zu werden, zur Hervorbringung von Lichtbildern zu benutzen. Er überzog polirte Silber- und Kupferplatten mit einer dünnen Harzschicht, exponirte dieselben in der Camera obscura dem Lichte und entfernte dann durch Lösungsmittel das Harz an denjenigen Stellen, welche von dem Licht am wenigsten getroffen worden waren. Die bloßgelegten

Stellen der Silberplatte bildeten so stark spiegelnd die Schatten, während die mit Harz überzogenen Stellen dagegen die lichten Partien der Bilder der Camera obscura repräsentirten. Seit 1826 beschäftigte sich auch Daguerre, ein geschickter Maler in Paris (bekannt geworden durch die Erfindung des Diorama), mit Versuchen, die Bilder der Camera obscura zu fixiren, jedoch ohne ein genügendes Resultat zu erlangen. Zwischen ihm und Niepce trat bald eine Verbindung ein und am 14. December 1829 unterzeichneten Beide zu Chalons einen Vertrag auf zehn Jahre behufs einer gemeinschaftlichen Vervollkommnung und Ausbeutens der Lichtbilderherstellung. Sie versuchten die Schatten ihrer Bilder, d. h. die freien Stellen ihrer Silber- oder Kupferplatten durch Einwirkenlassen von Schwefelwasserstoffgas und Joddämpfen dunkler hervortreten zu lassen. Der Erfolg ihrer Versuche war, daß sie die Oberfläche einer Silberplatte durch Aussetzen von Joddämpfen mit einer Schicht von Jodsilber, demnach mit einem Körper überzogen, welcher durch die Einwirkung des Lichtes weit schneller zersetzt wurde als das Chlorsilber. Eine beiläufige Beobachtung über die Wirkung der Quecksilberdämpfe auf eine von der Sonne beschienene, mit Jodsilber überzogene Platte, führte zu der Entdeckung des Verfahrens, ein nach der Herausnahme aus der Camera obscura auf der Silberplatte noch nicht wahrnehmbares Bild deutlich hervortreten zu lassen. Diese erste photographische Methode wurde von den Erfindern Heliographie genannt. Daguerre verfolgte nach dem Tode von Niepce (1833) mit des Letzteren Sohn unablässig dasselbe Ziel und war endlich im Jahre 1839 so weit, der Pariser Akademie der Wissenschaften ein vollendetes Verfahren mittheilen zu können, nach welchem jedes Bild der Camera obscura binnen wenigen Minuten mit Schärfe und Genauigkeit auf einer polirten Silberplatte zu fixiren ist. Daguerre erhielt als Nationalbelohnung eine lebenslängliche Pension von 6000 Frcs., der Sohn Niepce eine von 4000 Frcs.

§. 782.

Die nach dem Verfahren von Daguerre und Niepce hervorgebrachten Lichtbilder nennt man Daguerreotype und die Methode selbst die Daguerreotypie. Die überraschenden Erfolge der Daguerreotypie veranlaßten den Engländer Talbot, auch sein Verfahren, Lichtbilder auf Papier darzustellen, bekannt zu machen. Talbot hatte namentlich vollkommene Abbildungen eines Kupferstiches erhalten, indem er denselben auf ein mit Chlorsilber überzogenes Papier legte und dem Sonnenlichte aussetzte; nur war in dem so erhaltenen Bilde die Vertheilung von Licht und Schatten gerade umgekehrt als im Original. Wurde nun dieses Bild genau

so wie der Kupferstich behandelt, so lieferte die neue Copie ein positives, d. h. ein dem Original auch hinsichtlich des Schattens und Lichtes vollkommen gleiches Bild. Es gelang Talbot endlich auch, in der Gallussäure, welche indessen später durch die Pyrogallussäure und zum Theil auch durch die Oxyphensäure ersetzt wurde, ein Mittel zu finden, durch welches selbst nach sehr kurzer Bestrahlung eines empfindlichen Papieres das auf dessen Oberfläche nicht oder nur schwach sichtbare Bild zum Vorschein gebracht werden konnte. Obgleich das Verfahren Talbot's anfänglich wegen der schwierigeren Ausführung und der mangelhaften Resultate weniger Anklang fand, sind doch später und namentlich in den letzten Jahren (1852—1858) in der Erzeugung von Lichtbildern auf Papier (Talbotypie) staunenswerthe Fortschritte gemacht worden, so daß voraussichtlich die Daguerreotypie völlig verdrängt werden wird.

Gegenwärtig wird fast allgemein das photographische Verfahren von Talbot Photographie (φῶς, Licht, γράφειν, schreiben) genannt.

Wir beschreiben im Folgenden:

I. Die Daguerreotypie oder die Kunst der Herstellung von Lichtbildern auf polirten Silberplatten.

II. Die Photographie oder das Verfahren der Erzeugung von Lichtbildern auf Papier.

III. Die Photographie auf Glas.

I. Daguerreotypie.

§. 783.

Der Proceß der Erzeugung der Lichtbilder auf polirten Silberplatten ist im Wesentlichen folgender: Eine schön polirte, silberplattirte Kupferplatte wird Dämpfen von Jod ausgesetzt, dadurch bildet sich auf der Oberfläche der Platte eine dünne Schicht von Jodsilber, welche nach Maßgabe ihrer Dicke und den Gesetzen der Farben dünner Schichten alle Nüancen von Blaßgelb durch Rosa, Orange, Kupferroth, Violett, Stahlblau bis wieder zum Gelb durchmacht, wo dann eine zweite Reihe der Newton'schen Farben entsteht. Man setzt die Platte so lange Joddämpfen aus, bis sie eine orangengelbe, höchstens rosafarbige Nüance angenommen hat. Bringt man nun die Platte in die Camera obscura, so entsteht auf derselben nach kurzer Zeit ein noch unsichtbares Bild, indem durch das Licht das Jodsilber an den beleuchteten Stellen — wahrscheinlich zu einem Silbersubjodid Ag_2J — reducirt wird. Das Bild tritt hervor, wenn man die Platte Quecksilberdämpfen aussetzt.

Das Quecksilber reducirt das Silber aus denjenigen Stellen des Jodsilbers, welche stark vom Licht getroffen wurden und deshalb mit Silbersubjodid überzogen sind; dieses Silberpulver bildet einen weißen Staub, welcher solche Stellen der Bilder hell erscheinen läßt. Die von dem Lichte nicht getroffenen Stellen des Jodsilbers werden von den Quecksilberdämpfen nicht reducirt. Sobald das Bild die gehörige Kraft erreicht hat, wird das unzersetzte Jodsilber durch eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron entfernt.

Jodsilber AgJ Unterschwefligsaures Natron S_2O_2, 2 NaO	geben	Jodnatrium NaJ Unterschwefligsaures Silberoxyd-Natron S_2O_2, NaO, AgO.

Einige Physiker sind der Ansicht, daß das Bild durch ein Silberamalgam hervorgebracht werde. In der That sieht man, wenn man ein Daguerreotyp unter dem Mikroskop betrachtet, die Silberplatte an den vom Lichte getroffenen Stellen mit äußerst kleinen Metallkügelchen von etwa $^1/_{800}$ Millimeter Durchmesser bedeckt, welche um so zahlreicher beisammenstehen, je heller die Lichter sind.

Der ganze Proceß der Erzeugung von Lichtbildern auf der polirten Fläche von Silber- oder silberplattirten Kupferplatten läßt sich in sechs wesentliche Operationen getheilt darstellen:

1) das Reinigen und Poliren der Platte;

2) die Jodirung der Platte oder die Erzeugung der empfindlichen Schicht;

3) das Einbringen der präparirten Platte in die Camera obscura;

4) das Hervorrufen des Bildes auf der impressionirten Platte durch Quecksilberdämpfe;

5) die Entfernung der unverändert gebliebenen Stellen des Jodsilberüberzuges;

6) die Vergoldung und Trocknung des Bildes auf der Platte.

§. 784.

Das Reinigen und Poliren der Platte.

Niepce wendete bei seinen Bildern ursprünglich Silberplatten an, an ihre Stelle setzte Daguerre später die bei weitem wohlfeileren, nur mit einer dünnen Silberschicht überzogenen, silberplattirten Platten (vergleiche Seite 304). Um eine völlig reine und gleichförmige Schicht zu erhalten, werden gegenwärtig häufig galvanisch versilberte Kupferplatten angewendet. Da es oft sehr wünschenswerth ist, eine Platte wiederholt zu benutzen, wenn nämlich etwa das erste Bild mißlungen sein sollte, so hat man darauf zu

sehen, daß die Plattirung nicht zu schwach sei. Die schwächsten silberplattirten Platten sind in den französischen Fabriken mit 1,40 bezeichnet, besser sind die 1,20 gestempelten.

Die polirte Kupferplatte muß nun auf das sorgfältigste gereinigt und zuletzt auf das schönste polirt werden. Sie muß nach dem Poliren in solcher Richtung gesehen, in der man ein auf ihr befindliches Bild betrachten würde, dunkel erscheinen, darf beim Anhauchen keine Flecken zeigen, der darauf niedergeschlagene Wasserdampf muß gleichmäßig und schnell verschwinden und das in ihr gespiegelte Bild eines Stück weißen Papieres eine weiße Farbe besitzen.

Das Reinigen der Platten zerfällt in das Vorputzen, Glänzen und Fertigputzen. Das Vorputzen geschieht mit Olivenöl und Wienerkalk (Seite 390), indem man einige Tropfen Olivenöl und etwas Wienerkalk, der aus einem mit Musselin zugebundenen Gläschen auf die Platte gesiebt wird, mit Hülfe eines Bausches von reiner Baumwolle anfänglich in kleinen, einander durchschneidenden Kreisen herum, zuletzt aber in geraden Strichen von der Linken zur Rechten und umgekehrt so lange reibt, bis die Baumwolle schwarzgrau geworden ist. Während des Putzens ist die Platte auf einer hölzernen Unterlage von etwas geringerer Größe befestigt, zu welchem Zwecke das Holz mit einer Kautschukplatte belegt wird, welche man mittelst einer Kautschuklösung auf dem Holz befestigt und unter Anwendung eines schwachen Druckes bei gelinder Wärme trocknet. Macht man darauf die Kautschukplatte auf der oberen Seite durch Terpentinöl klebend, so haftet die mit der Kupferseite angedrückte Metallplatte fest und läßt sich auf diese Weise bequem putzen. Nachdem die Platte mit Oel und Wienerkalk geputzt worden ist, wird sie zum Behufe ihrer Entfettung mit Weingeist und Wienerkalk ebenso behandelt. Das nun folgende Glänzen der Platte geschieht, indem man sie in ähnlicher Weise, jedoch nur einmal mit Weingeist und Eisenroth (Seite 390) und darauf mit trocknem Polirroth putzt. Zur Erleichterung des Putzens wendet man anstatt der Baumwollbausche Putz- oder Polirfeilen an; sie bestehen aus einem nur schwach converen, länglichen Holzstückchen, auf welchem zunächst einige Lagen Tuch befestigt sind, über die dann Leder, Filz oder Wollsammet gespannt ist; man faßt sie an einem daran angebrachten Griffe und fährt damit in langen Strichen über die mit dem Polirpulver bestreute Platte hin und her. Das Fertigputzen endlich wird in folgender Weise ausgeführt: Man putzt zuerst ganz in der Art, wie es vorher mit Baumwolle, Weingeist und Wienerkalk geschehen, ein- oder zweimal mit Baumwolle, Salpeterätherweingeist (*Spiritus nitri dulcis*) und Knochenpulver. Hierauf folgt Putzen mit einem

ledernen Ballen und sehr wenig trocknem Knochenpulver und zuletzt das Putzen mit einem zweiten Lederballen ohne Knochenpulver und zwar in einer genau geradlinigen Strichrichtung. Während des Polirens der Platte ist jede, auch die kleinste Verunreinigung zu vermeiden, indem schon ein jeder Tropfen wässeriger Flüssigkeit einen im fertigen Bilde sichtbaren Fleck zur Folge hat.

Das Vorputzen und Glänzen kann mehrere Tage vor der Anwendung der Platte ohne Nachtheil vorgenommen werden, wenn man die Platten darauf in einem mit Nuthen versehenen Kasten aufbewahrt, in welchem sie sowol vor gegenseitiger Berührung, als auch vor Staub und Dämpfen geschützt sind. Das Fertigputzen darf aber nur unmittelbar vor Erzeugung der empfindlichen Schicht stattfinden.

§. 785.

Die Jodirung der Platte oder die Erzeugung der empfindlichen Schicht.

Zur Herstellung der empfindlichen Schicht wendete Daguerre zuerst nur Jod an. Später suchte man durch Anwendung anderer Substanzen (sogenannte Beschleunigungsmittel) die Empfindlichkeit zu erhöhen. Als bestes Beschleunigungsmittel hat sich das Brom erwiesen, das entweder für sich oder als Bromkalk (unterbromigsaurer Kalk CaO, BrO) oder Bromjod zur Anwendung kommt. Nächst dem Brom benutzt man als Beschleunigungsmittel das Chlorjod, sowie eine Verbindung von Chlorjod mit Brom.

Das Jodiren der Platte geschieht auf folgende Weise: Man bringt auf den Boden eines etwa $1\frac{1}{2}$—2 Zoll hohen, porzellanenen Gefäßes mit glattem Boden und abgeschliffenem Rande trocknes Jodpulver, legt darauf ein Stück Tuch, bedeckt das Gefäß mit einer mattgeschliffenen Glasplatte, in deren Mitte eine der Form der Platte entsprechende, jedoch etwas kleinere Oeffnung ausgeschnitten ist. Ueber diese Oeffnung legt man die Silberplatte und auf diese eine dicke Glasplatte, deren eine Seite mit einer Kautschukplatte beklebt ist, welche man durch Befeuchten mit Terpentinöl klebend gemacht hat. Diese Vorrichtung erleichtert das Anfassen der Platte, wenn man sie, um den Fortgang der Jodirung zu beobachten, aufhebt. Man läßt das Jod so lange einwirken, bis die Platte eine goldgelbe Anlauffarbe zeigt. Um diesen Punkt zu erkennen, wird die Platte von Zeit zu Zeit einen Augenblick abgehoben und vom Tageslicht abgewendet, schief gegen ein Blatt weißen Papieres gehalten, wo dann die Färbung sehr deutlich wahrzunehmen ist. Es ist zum Gelingen des Processes durchaus nothwendig,

daß die sich hierbei bildende Jodsilberschicht auf der Platte überall gleich dick wird.

Bald nach Daguerre's Veröffentlichung seines Verfahrens wendete Ascherson in Berlin eine Auflösung von Jod in Wasser an; er löste Jod in Alkohol und mischte von dieser Jodtinctur etwas unter das Wasser in dem Porzellantroge, auf welchen die Platte gelegt werden sollte.

Eines zweiten ähnlichen Apparates bedient man sich für die Bromirung; man bringt auf dessen Boden ein mit gesättigtem Bromwasser oder Bromkalk gefülltes Uhrglas. Das richtige Verhältniß zwischen Brom und Jod, von welchem das Gelingen der Operation wesentlich abhängt, läßt sich nur durch Uebung und Sorgfalt ermitteln.

Bromkalk wird auf folgende Weise dargestellt: Frisch gebrannter Kalk wird mit Wasser gelöscht, so daß er zu einem trocknen Pulver zerfällt; von diesem Pulver bildet man eine 1 Linie dicke Schicht auf einer flachen Porzellanschale und setzt darauf ein Uhrglas oder ein Glühschälchen, welches Brom enthält. Das Ganze wird mit einem Glassturz oder besser mit einem Recipienten, der an den abgeschliffenen Rändern mit Talg bestrichen ist, bedeckt und 4—6 Stunden lang im Dunkeln stehen gelassen. Nach dieser Zeit rührt man den braungewordenen Bromkalk um. Finden sich in der Masse noch weiße Stellen, so wird die Operation wiederholt, bis die Farbe des Bromkalkes durch Einwirken von neuem Brom nicht mehr intensiver wird. Der Bromkalk wird am zweckmäßigsten nur in kleinen Quantitäten bereitet und in vor dem Licht geschützten Gläsern aufbewahrt.

Das Chlorjod wird durch Destillation eines Gemenges von 1 Th. Jod und 4 Th. chlorsaurem Kali dargestellt, wobei in der Retorte jodsaures und überchlorsaures Kali entsteht, während unter Sauerstoffentwickelung das Chlorjod übergeht. Bei der Anwendung dieser Verbindung fällt das Jodiren hinweg. Das Bromjod, dessen weingeistige Lösung den Namen *Liqueur allemande.* führt, wird am zweckmäßigsten in bestimmten Gewichtsverhältnissen der Bestandtheile bereitet. Die Graff'sche Flüssigkeit besteht aus einer Mischung von Jodtinctur, Chlorjod und Brom in Wasser. Ihrer Anwendung geht die Jodirung voraus.

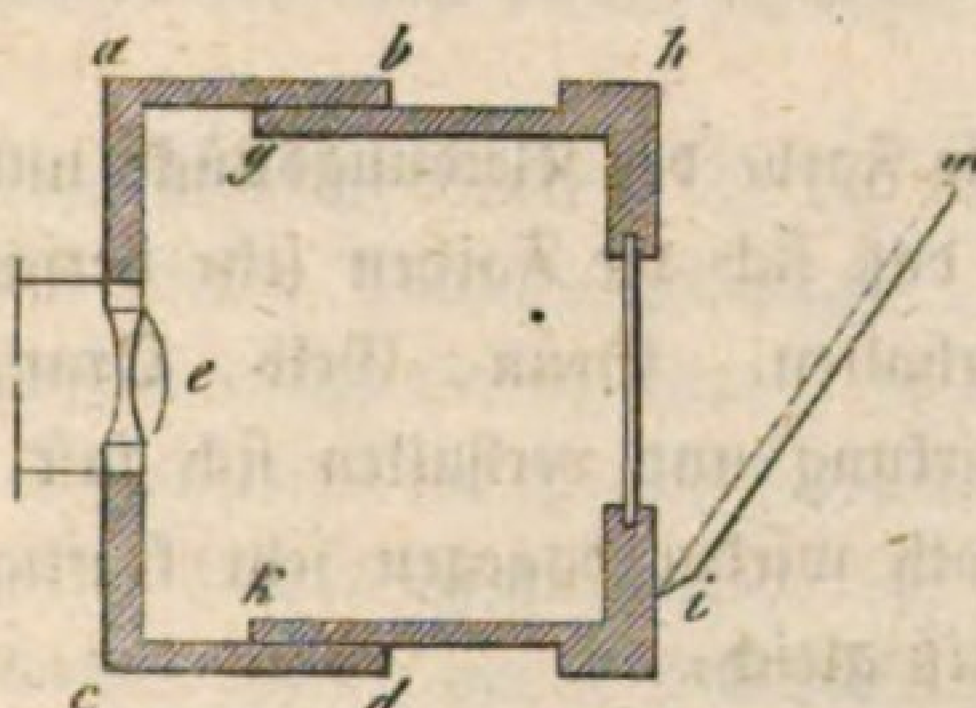
Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß man Chloroform, Bromoform und Jodoform, chlorigsaures Gas, Ammoniakgas, Chlorschwefel u. s. w. als beschleunigende Mittel angewendet hat, unter denen namentlich der Chlorschwefel hervorzuheben ist, welcher nach Natterer die Eigenschaft besitzt, die Bilder unmittelbar nach der Exposition sichtbar zu machen, ohne daß die Platte erst den Quecksilberdämpfen ausgesetzt werden müßte.

§. 786.

Das Einbringen der präparirten Platte in die Camera obscura.

Die Camera obscura hat folgende Einrichtung: Der das achromatisch[1]) zusammengesetzte Objectiv e (Fig. 224) enthaltende Einsatz ist vorn mit einer Blendung versehen, die beliebig geöffnet und geschlossen werden kann. Damit man die Platte in die gehörige Entfernung von der Linse

Fig. 224.



bringen kann, besteht der Kasten der Camera aus zwei in einander verschiebbaren Theilen a, b, c, d und g, h, i, k; der hintere Theil ist so eingerichtet, daß der Rahmen, der zur Aufnahme des Bretes mit der Platte dient, in die Oeffnung h i paßt. Vor dem Versuche wird in h i ein Rahmen mit einer mattgeschliffenen Glastafel eingesetzt; darauf wird g, h, i, k so lange verschoben, bis das Bild auf der Glastafel die größte Schärfe zeigt. In dem Rahmen befindet sich bei der gewöhnlichen Camera obscura ein Spiegel i m, um das Bild bequemer beobachten zu können. Bei den zu photographischen Zwecken bestimmten Apparaten ist dieser Spiegel überflüssig und für die Schärfe des Bildes selbst nachtheilig. Ist der Brennpunkt richtig eingestellt und der Rahmen, in welchem die jodirte Platte befestigt ist, in den Falz der erwähnten Oeffnung eingeschoben, so zieht man den vor der Platte befindlichen Schieber zurück, entfernt den Deckel von der Objectiv-

---

[1]) Linsen aus Flintglas besitzen ein großes Brechungsvermögen, aber leiden auch an dem Fehler der Farbenzerstreuung, so daß die damit hervorgebrachten Bilder stets einen farbigen Rand besitzen. Bei Linsen aus Crownglas ist das Brechungsvermögen, aber auch die Farbenzerstreuung weit geringer. Combinirt man daher eine convexe Linse von Flintglas mit einer concaven aus Crownglas, so erhält man ein farbloses Bild, da die Farbenzerstreuung des Flintglases vollständig compensirt worden ist. Eine solche Combination zweier Linsen heißt eine achromatische Linse.

linse, setzt ihn nach angemessener Bestrahlung wieder auf, schiebt den Schieber wieder vor die Platte und zieht den Rahmen aus dem Falze heraus.

Die Dauer der Exposition ist von der Intensität der Beleuchtung abhängig und läßt sich nur durch die Erfahrung bestimmen. War die Platte dem Lichte zu kurze Zeit ausgesetzt, so erhält man durch die weitere Behandlung kein deutliches Bild, läßt man dagegen die Platte zu lange Zeit in der Camera obscura, so erscheinen auf dem Bilde die Lichter nicht weiß, sondern schwarz. Das Aufnehmen von Porträts geschieht am zweckmäßigsten bei völligem Ausschluß des directen Sonnenlichtes in einem durch große Fenster erleuchteten Atelier. Eine Lichteinwirkung zur gehörigen Erzeugung eines Daguerreotypbildes von im Durchschnitt 5 — 10 Secunden ist die entsprechendste.

In Bezug auf die Farbe der Kleidungsstücke und anderer Gegenstände ist zu berücksichtigen, daß sich die Farben sehr verschieden hinsichtlich ihrer chemischen Wirkung verhalten. Grün, Gelb, Orange bis zum Zinnoberroth sind fast ohne Wirkung und verhalten sich fast dem Schwarz gleich; Blau und Carmoisinroth wirken dagegen sehr kräftig und sind beinahe in ihrer Wirkung dem Weiß gleich.

Die Camera obscura zeigt das Bild umgekehrt, d. h. die rechte Seite links und die linke rechts. Um diesen Uebelstand, der besonders beim Aufnehmen von Personen und Gegenden störend sich bemerklich macht, zu beseitigen, befestigt man vor dem Objectiv der Camera einen unter 45° geneigten Spiegel, welcher eine Umkehrung des Bildes bewirkt, so daß dasselbe im Daguerreotype in der natürlichen Lage erscheint.

§. 787.

Das Hervorrufen des Bildes auf der impressionirten Platte durch Quecksilberdämpfe.

Nachdem die Platte die gehörige Zeit dem Lichte ausgesetzt war, so ist nach dem Entfernen aus der Camera obscura noch kein Bild auf ihr wahrzunehmen. Das Bild wird erst durch die Einwirkung von Quecksilberdämpfen auf die präparirte Fläche sichtbar. Diese Operation geschieht in einem viereckigen, hölzernen, von vier Füßen getragenen Kasten, dessen nach unten gewölbter Boden aus Schwarzblech verfertigt ist und 1 — 2 Pfd. Quecksilber enthält. Das Quecksilber wird durch eine unterstellte Spiritus- oder Gaslampe auf ungefähr 70 — 80° erwärmt; in dasselbe taucht die Kugel eines Thermometers, dessen seitwärts gebogene Röhre nach außen geht und an der äußeren Seite des Kastens hinaufgeführt wird. Der Deckel liegt gewöhnlich in einem Winkel von 45° auf dem Kasten. Die vordere

Wand ist etwa doppelt so hoch wie die hintere; in ersterer befindet sich ein kleines Fensterchen, wodurch man bei künstlichem Lichte die Wirkung der Quecksilberdämpfe beobachtet. Der Deckel ist an seiner inneren Seite mit Vorrichtungen zum Festhalten der Platte versehen. Je länger die Platte dem Sonnenlichte ausgesetzt war, um so schneller wird das Bild durch die Quecksilberdämpfe vollendet; je kürzer dagegen die Bestrahlung gewesen, um so längere Zeit muß man die Dämpfe wirken lassen. Man erkennt die Beendigung der Einwirkung des Quecksilbers daran, daß das Bild klar und weiß erscheint, ohne daß die dunkelsten Schatten grau werden (Quecksilberschleier).

Wenn die Platte aus einem kalten Zimmer in den Kasten kommen soll, so muß sie zuvor erwärmt werden, damit sie durch den Temperaturwechsel nicht beschlägt.

Es ist der Vorschlag gemacht worden, in der Camera obscura selbst in der Nähe der Platte eine eiserne Rinne anzubringen, welche mit Quecksilber angefüllt ist und von außen erhitzt werden kann, so daß während der Exposition zugleich die des Quecksilbers der Platte stattfindet, wobei der Vorgang durch ein in der Camera obscura angebrachtes, mit einem rothen Glase geschlossenes Fenster beobachtet wird, um so das Bild zur rechten Zeit aus der Camera zu entfernen.

§. 788.

Entfernung der unverändert gebliebenen Stellen des Jodsilberüberzuges.

Nachdem die Platte aus dem Rahmen entfernt worden ist, muß der für das Licht noch empfindliche Jodsilberüberzug entfernt werden. Zu diesem Behufe tauchte Daguerre die Platte zunächst in reines Wasser und dann in eine nicht bis zum Sieden erhitzte concentrirte Kochsalzlösung. Gegenwärtig wendet man allgemein eine Lösung von 1 Theil unterschwefligsaurem Natron (Seite 169) in 6 Theilen Wasser an, welche man bis auf ungefähr 70° erwärmt. Man gießt davon in eine Glas- oder Porcellanschale und bringt die Platte schnell hinein, so daß dieselbe ganz von der Flüssigkeit bedeckt ist. Nachdem durch Hin- und Herbewegen die Jodsilberschicht entfernt worden ist, bringt man die Platte in destillirtes Wasser, legt sie nach dem Herausnehmen auf eine geneigte Fläche, begießt sie gleichmäßig mit sehr heißem, jedoch nicht siedendem Wasser, um auch die letzte Spur von anhängendem Salze zu entfernen, und sucht die Platte von den noch anhängenden Wassertropfen durch starkes Blasen zu befreien. Man kann die Platte auch trocknen, indem man sie am Rande mit einer Zange in geneigter Stellung, die Bildseite nach oben, festhält und mit einem darunter gehaltenen Spiritus-

lämpchen so erwärmt, daß man mit der Lampe in dem Maße allmälig von oben nach unten weiter rückt, als die Feuchtigkeit nach Art eines in der erwähnten Richtung herabgezogenen Schleiers verschwindet. Von jetzt an braucht das Bild nicht mehr vor dem Licht geschützt zu werden.

§. 789.

Vergoldung der Platte.

Eine wichtige Verbesserung haben die Daguerreotypien noch durch die von Fizeau eingeführte Vergoldung erhalten. Nachdem die Jodsilberschicht durch eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron entfernt und die Platte mit destillirtem Wasser abgewaschen worden ist, legt man sie horizontal auf einen Metallring, übergießt sie mit dem Goldbade und erhitzt sie durch eine untergehaltene Spirituslampe, bis das Bild mit einer dunklen Schicht überzogen erscheint, worauf es mit destillirtem Wasser gewaschen und getrocknet wird. Das Goldbad besteht aus einer Lösung von

1 Grm. Goldchlorid,
3 „ unterschwefligsauren Natrons in
1 Liter destillirten Wassers,

welche man dadurch bereitet, daß man 1 Grm. Goldchlorid in $1/2$ Liter Wasser löst und mit der Lösung des unterschwefligsauren Salzes vermischt, wobei die Goldlösung in einem dünnen Strahl unter heftigem Umrühren in die letztere Flüssigkeit gegossen wird. Einige Photographen setzen zu der Flüssigkeit je auf 1 Liter 4—6 Tropfen Aetzammoniak.

Die hier und da vorgeschlagene galvanische Vergoldung von Daguerreotypbildern ist schwieriger auszuführen und gewährt keinen Vorzug.

II. Photographie.

§. 790.

Bei der Darstellung der Lichtbilder auf Papier (Photographie, Talbotypie) heben wir von den vielen Verfahrungsweisen eine heraus, welche sowol in Bezug der durch sie erzielten Resultate, als auch hinsichtlich der Einfachheit und Leichtigkeit der Ausführung empfohlen zu werden verdient. Es ist bisher noch nicht gelungen, direct schöne positive Bilder herzustellen, sondern man ist genöthigt, zuerst negative Bilder zu erzeugen, d. h. solche, auf denen die stärksten Lichter schwarz und undurchsichtig hervortreten, die dunkelsten Stellen dagegen weiß erscheinen. Erst vermittelst der negativen Bilder erhält man positive Bilder, auf welchen die Lichter hell und die Schatten dunkel erscheinen.

Das Verfahren bei der Erzeugung der Lichtbilder auf Papier zerfällt in folgende Operationen, nämlich in

1) die chemische Präparirung des Papiers;
2) das Einbringen des Papiers in die Camera obscura;
3) das Hervorrufen des negativen Bildes;
4) das Fixiren dieses Bildes;
5) das Durchsichtigmachen desselben;
6) das Hervorrufen des positiven Bildes;
7) das Fixiren des positiven Bildes.

§. 791.

Chemische Präparirung des Papiers.

Man wählt ein Papier von möglichst gleichförmigem Korne, welches kein Stärkmehl als Leim enthalten darf (zu photographischen Zwecken bestimmtes Papier bildet bereits einen eigenen Handelsartikel), und legt es, nachdem man ihm die der Camera obscura entsprechende Größe gegeben hat, mit der glatten Seite (Filzseite) auf die Oberfläche einer Flüssigkeit, welche aus einer Auflösung (I) von

1 Th. Jodkalium in
15 Th. destillirten Wassers

und einigen Tropfen Cyankaliumlösung besteht, und läßt es darauf 1 bis $1^1/_2$ Minute schwimmen. Man hat bei dem Auflegen dafür zu sorgen, daß keine Luftblasen auf dem Papiere haften bleiben, weil sonst die von diesen Blasen bedeckten Stellen des Papiers nicht genug benetzt werden. Es läßt sich die Bildung solcher Luftblasen vermeiden, wenn das Papier nicht mit der ganzen Fläche auf einmal aufgelegt wird, sondern man dasselbe krümmt, mit dieser Krümmung zuerst die Oberfläche der Flüssigkeit berührt und sodann die andern Theile des Papiers langsam niederläßt. Man nimmt das Papier sorgfältig von der Flüssigkeit, trocknet es zwischen feinem Fließpapier und bringt es dann mit der unteren noch feuchten Seite auf die Oberfläche einer Lösung (II) von

1 Th. geschmolzenen salpetersauren Silberoxydes (Höllenstein) in
10 „ destillirten Wassers und
$^1/_2$—1 „ Essigsäure

und läßt es darauf wieder 1 bis $1^1/_2$ Minute schwimmen. Durch diese Operation überzieht sich das Papier mit einer gleichmäßigen Schicht von kanariengelbem Jodsilber.

In verschiedenen Vorschriften über die chemische Präparirung des Papiers werden die Concentrationsgrade der Jodkaliumlösung und der Lösung

des salpetersauren Silberoxydes verschieden angegeben, so giebt Martin zu letzterer Flüssigkeit folgende Vorschrift:

1,25 Th. Höllenstein löse man in
20 „ destillirtem Wasser und versetze die Lösung mit
1,5 „ starker Essigsäure;

nachdem die Auflösung und Mischung vollständig stattgefunden hat, wirft man in die Lösung

0,6 Th. zweifach kohlensaures Natron oder Kali;

hierauf läßt man die Flüssigkeit über Nacht ruhig stehen und filtrirt sie den folgenden Tag.

Martin hält es für nothwendig, daß das angewendete salpetersaure Silberoxyd säurefrei sei, weshalb er es im geschmolzenen Zustande anwendet; der Zusatz des zweifach kohlensauren Alkalis soll nach ihm das Gelingen der photographischen Bilder in hohem Grade fördern; der Zweck desselben soll nicht blos die Bindung von vielleicht noch vorhandener freier Salpetersäure sein.

Es ist einleuchtend, daß, wenn man concentrirtere Lösungen anwendet, sich unter sonst gleichen Bedingungen eine größere Quantität Jodsilber in den oberen Schichten des Papiers bildet, als bei Benutzung von verdünnten Flüssigkeiten. Läßt man das Papier längere Zeit auf den Lösungen verweilen, so dringen dieselben tiefer in das Papier ein. In einzelnen Fällen mag es sogar rathsam sein, das Papier unterzutauchen, um es vollständig zu imprägniren. Um die Quantität des Jodsilbers zu vergrößern, läßt sich auch das in angegebener Weise präparirte Papier nochmals auf die Jodkaliumlösung und darauf auf die Silberflüssigkeit bringen. Es ist kaum nothwendig, zu bemerken, daß das Präpariren des Papiers bei Kerzenlicht vorgenommen und das präparirte Papier sorgfältig vor dem Tageslicht geschützt werden muß.

§. 792.

Einbringen des Papieres in die Camera obscura.

Das präparirte Papier zeigt sich im feuchten Zustande zur Aufnahme des Bildes in der Camera obscura am geeignetsten. Man bringt es mit der nassen Seite auf eine vollkommen reine Spiegelglastafel und schiebt letztere mit dem adhärirenden Papierblatte in die Camera obscura, ebenso wie es bei der Daguerreotypie angegeben worden ist. Die Expositionsdauer richtet sich nach der Stärke des zerstreuten Tageslichts und beträgt 10 bis 30 Secunden. Sobald die hinlängliche Lichteinwirkung stattgefunden hat, wird das Objectiv der Camera schnell bedeckt, der Schieber des Rahmens verschlossen und das darin befindliche Bild in ein dunkles Zimmer getragen.

§. 793.
Hervorrufen des negativen Bildes.

Auf dem präparirten Papiere befindet sich bereits das unsichtbare negative Bild. Man hat nun nach chemisch wirkenden Substanzen gesucht, welche auf die vom Lichte getroffenen Stellen der empfindlichen Schicht in der Art einwirken, daß sie dieselben entsprechend der Stärke der stattgefundenen Lichteinwirkung dunkel färben, während die nicht vom Licht getroffenen Stellen durch sie in keiner Beziehung eine Farbenveränderung erleiden. Eine solche Substanz, welche auf die vom Lichte bestrahlten Silberverbindungen in der angedeuteten Weise einwirkt, ist die Gallussäure, später entdeckte man, daß das schwefelsaure Eisenoxydul (Eisenvitriol), die Oxyphensäure $C_{12}H_6O_4$ und die Pyrogallussäure $C_{12}H_6O_6$ dieselbe Wirkung in noch höherem Grade zeigen. Die genannten Substanzen haben das Bestreben, mit großer Begierde Sauerstoff aufzunehmen, wobei das Eisenvitriol in basisch schwefelsaures Eisenoxyd, die drei genannten organischen Säuren aber unter Kohlensäureentwickelung in schwarze Humussubstanzen übergehen. In gleicher Weise verhalten sich diese Substanzen gegen gewisse Jod-, Brom- und Chlorverbindungen, obgleich auch in diesen Fällen die Zersetzung auf eine Oxydation zurückzuführen ist. Geht man von den Ansichten neuerer Physiker aus, daß durch den Einfluß der Lichtschwingungen zwischen dem Jod und dem Silber in der empfindlichen Schicht der Zusammenhang gelockert sei, daß aber die Verbindung in dieser wenig innig verbundenen Weise auch nach dem Aufhören der Bestrahlung fortbestehen bleibe, so ist es klar, daß diese Lockerung des Zusammenhanges um so größer sein wird, je länger oder stärker die Bestrahlung an einer Stelle gewesen, was schon daraus hervorgeht, daß bei noch längerer Einwirkung ja eine vollständige Abtrennung eines Theiles der Bestandtheile eintritt. Läßt man nun auf die von dem Lichte getroffenen Stellen der empfindlichen Schicht z. B. eine wässerige Lösung von Gallussäure einwirken, so veranlaßt die Gegenwart letzterer Säure eine Zersetzung des Jodsilbers, zugleich aber auch eine Zersetzung der Gallussäure selbst durch Oxydation. Das ausgeschiedene Jod zersetzt ein Aequivalent Wasser, dessen Wasserstoff sich mit dem Jod zu Jodwasserstoffsäure verbindet, während der Sauerstoff als Ozon auftritt und sofort die Gallussäure unter Zurücklassung von Humussubstanz oxydirt. Das Silber scheidet sich hierbei als dunkles glanzloses Pulver ab.

Wendet man Gallussäure zum Hervorrufen des Bildes an, so verfährt man auf folgende Weise: Man legt das in einem dunklen Locale aus der Casette genommene Papier mit der präparirten und impressionirten Seite

auf eine horizontale Glastafel, über welche vorher in einer der Größe des Bildes angemessenen Ausdehnung eine Schicht einer concentrirten wässerigen Lösung von Gallussäure ausgebreitet worden, und läßt es etwa 25 Minuten, überhaupt so lange liegen, bis sich beim Aufheben und Ansehen desselben im Kerzenlichte das Bild in allen seinen Theilen kräftig hervorgetreten zeigt, so daß in demselben die Lichter sehr schwarz und die Schattenpartien sehr hell erscheinen und die Zwischentinten nicht fehlen. Ein Zusatz von essigsaurem Ammoniak zur Gallussäure kürzt nach Humbert de Molard die Zeit zur Hervorrufung des Bildes bedeutend ab.

Wegen der schnellern Wirkung zieht man gegenwärtig den Gebrauch der Pyrogallussäure dem der Gallussäure vor. Die unter den Producten der trocknen Destillation gerbstoffhaltiger Vegetabilien häufig auftretende Oxyphensäure[1]) läßt sich mit Vortheil anstatt der Pyrogallussäure zum Hervorrufen des negativen Bildes anwenden.

Gaudin benutzt zum Hervorrufen des Bildes eine fast gesättigte, mit Schwefelsäure schwach angesäuerte Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul. Er wendet dabei folgendes Verfahren an: Das Papier wird eine Minute lang Salzsäuredämpfen ausgesetzt, hierauf mit einer concentrirten Lösung von salpetersaurem Silberoxyd überstrichen und getrocknet. Nach dem Impressioniren in der Camera obscura kommt das Papier in die erwähnte Eisenlösung, wodurch das Bild deutlich hervortritt, welches darauf durch Wasser mit sehr verdünnter Ammoniakflüssigkeit fixirt wird. Die Anwendung des schwefelsauren Eisenoxyduls zum Hervorrufen des Bildes nimmt immer mehr überhand.

§. 794.
Fixiren des negativen Bildes.

Das aus der Gallussäure- oder Eisenvitriollösung genommene Bild wird mit destillirtem Wasser abgespült und darauf mit einer Lösung von

1 Th. unterschwefligsauren Natrons in
10 Th. destillirten Wassers

übergossen und in diesem Bade so lange gelassen, bis das Bild in Folge der Auflösung des unzersetzten Jodsilbers in seinen hellen Partien nicht mehr gelb, sondern weiß erscheint, was nach etwa 5 — 15 Minuten der Fall ist. Hierauf entfernt man das Papier aus dem Bade, trocknet es oberflächlich zwischen zwei Blättern Fließpapier, wäscht es mit Wasser aus und läßt es dann auf Fließpapier in der Luft vollständig trocknen. Will man besonders schöne

---

[1]) Vergl. Wagner's Jahresbericht der chem. Technologie 1855. p. 145.

Bilder erzeugen, so ist es vorzuziehen, die Lösung des unterschwefligsauren Natrons siedend heiß über das negative Bild zu gießen, wodurch es reiner und für das Durchsichtigmachen weit geeigneter wird, da das heiße unterschwefligsaure Natron den vegetabilischen Leim auflöst, wodurch das präparirte Papier gewissermaßen zum Löschpapier wird und das Wachs leichter aufnimmt.

Anstatt des unterschwefligsauren Natrons hat man eine Lösung von Cyankalium oder Cyannatrium zum Fixiren des Bildes vorgeschlagen. Obgleich dieser Vorschlag alle Beachtung verdient, so ist doch das Cyankalium nur mit großer Vorsicht anzuwenden, weil es auch leicht das negative Bild in den von dem Lichte afficirten Stellen angreift. Martin empfiehlt als Fixirungsflüssigkeit eine Mischung von 20 bis 25 Tropfen einer concentrirten Cyankaliumlösung mit 4 bis 6 Loth destillirtem Wasser. Alle diese Operationen müssen in einem dunklen Zimmer entweder bei Kerzenlicht oder doch bei so gedämpftem Tageslicht, daß man nur eben noch sieht, vorgenommen werden. Rothe Vorhänge und gelbes Fensterglas leisten hier gute Dienste.

§. 795.

Durchsichtigmachen des negativen Bildes.

Das Durchsichtigmachen des negativen Bildes geschieht auf folgende Weise: Man schmilzt 3 Th. weißes Wachs und 2 Th. Unschlitt zusammen und gießt daraus eine kerzenförmige Stange. Eine Kupferplatte wird über der Spirituslampe so lange erhitzt, bis darauf gespritzte Wassertröpfchen abspringen; man entfernt nun die Platte von der Flamme, legt sie auf einen Tisch, das negative Bild darauf und überfährt dasselbe mit der Wachsstange, bis das Bild überall reichlich mit Wachs durchzogen erscheint. Das überschüssige Wachs wird mit einem Leinwandläppchen weggewischt. Um das Bild unbeschädigt zu erhalten, ist es zweckmäßig, zwischen die Kupferplatte und das Bild ein Blatt weißes Papier zu legen. Früher wurde das Durchsichtigmachen des Bildes auf die Weise ausgeführt, daß man dasselbe nach dem Trocknen mit dünn geschabtem weißen Wachse, Paraffin oder Wallrath überstreute, zwischen Briefpapier legte und sodann das Papier mit einem nicht zu heißen Plätteisen überging. Diese Methode ist aber nicht zu empfehlen, weil in Folge der Anwendung eines zu kalten Eisens eine ungleiche Wachsschicht sich bildete, oder, wenn das Eisen zu sehr erhitzt war, der größte Theil des Wachses dem Bilde entzogen wurde, wodurch dasselbe im durchfallenden Lichte rauh erschien und nur rauhe positive Bilder lieferte.

Um Kupferstiche zum Zwecke einer photographischen Copirung durchsichtig zu machen, ist ein Firniß aus

200 Th. canadischen Balsams,
500 „ gereinigten Terpentinöls und
3 „ Bleizucker

bestehend empfohlen worden.

§. 796.

Hervorrufen des positiven Bildes.

Zur Erzeugung des positiven Bildes sind drei verschiedene Flüssigkeiten erforderlich, nämlich

1) eine Lösung (Nr. VI) von
10 Grammen Kochsalz in
320 „ destillirten Wassers;

2) eine Lösung (Nr. VII) von
32 Grammen krystallisirten salpetersauren Silberoxydes in
320 „ destillirten Wassers;

3) eine Lösung (Nr. VIII) von
32 Grammen unterschwefligsauren Natrons,
2 „ salpetersauren Silberoxydes in
336 „ destillirten Wassers;

man löst das salpetersaure Silberoxyd in 16 Grammen (= 1 Loth) destillirten Wassers und gießt diese Lösung unter fortwährendem Umrühren in einem dünnen Strahle in die Lösung des unterschwefligsauren Natrons in 320 Grammen (20 Loth) destillirten Wassers. Während man zu negativen Bildern säurefreies salpetersaures Silberoxyd nimmt, scheint man für positive Bilder krystallisirtes salpetersaures Silberoxyd, welches stets noch geringe Mengen von Salpetersäure enthält, nehmen zu müssen.

Als **Papier** zu den positiven Bildern wählt man ein starkes, gleichförmiges gut geglättetes Velinpapier ohne Wasserzeichen aus. Das Bild kommt stets auf die glatte Seite. Die chemische Präparirung des Lichtes geschieht, indem man das Papierblatt zuerst auf der Kochsalzlösung 1½ Minute lang schwimmen läßt, es zwischen Fließpapier oberflächlich abtrocknet, darauf ungefähr zwei Minuten lang auf der Silberlösung schwimmen läßt, nachher in gleicher Weise wie vorher zwischen Fließpapier trocknet, ferner beide Operationen (das Schwimmenlassen auf beiden Flüssigkeiten nebst dem jedesmal darauf folgenden Abtrocknen) in der nämlichen Ordnung wiederholt und endlich mit sorgfältiger Trocknung durch häufiges Ueberstreichen und Andrücken aufgelegten frischen Fließpapieres schließt.

Der zur Erzeugung des positiven Bildes angewendete **Copirrahmen** besteht in seiner einfachsten Form aus zwei Glasplatten, welche auf irgend

eine Weise an einander gepreßt werden. Der von Martin vorgeschlagene Copirrahmen besteht aus einem dicken Holzrahmen, in den die beiden Gläser, mit dem negativen Bilde und dem mit einer Chlorsilberschicht überzogenen Copirpapier so hineingelegt werden, daß das negative Bild sich voraus befindet. Die hintere Glasplatte ist von dem Copirpapiere durch ein Stück schwarzen Manchester getrennt. Durch die Elasticität der aufgerauheten Fäden des Manchesters wird das Copirpapier fest an das negative Bild angedrückt. Man preßt die Glasplatten durch Schrauben oder Keile zusammen und setzt den Copirrahmen entweder in das directe Sonnenlicht oder das zerstreute Tageslicht, jedoch so, daß das nach oben liegende negative Bild und demnach auch das darunter befindliche präparirte Copirpapier frei vom Lichte bestrahlt werden können. Bei directem Sonnenlichte dient eine Exposition von etwa 10 Minuten, im zerstreuten Tageslichte ist oft mehr als 1 Stunde Zeit nöthig. Da das Copirpapier größer ist als das negative Bild, so giebt die Färbung des hervorstehenden Randes einen Anhaltspunkt für die Dauer der Exposition. Der Rand muß von Braun in Schwarz und zuletzt in Grünlich übergehen. Je intensiver das negative Bild ist, desto länger muß die Exposition dauern. Dabei ist zu berücksichtigen, daß das positive Bild bei seiner Fixation durch unterschwefligsaures Natron zwar an Intensität verliert, jedoch bei dem Trocknen bedeutend nachdunkelt.

§. 797.
Fixiren des positiven Bildes.

Nach hinreichender Einwirkung des Lichtes entfernt man das Bild aus dem Copirrahmen und legt es in die erwähnte silberhaltige Lösung von unterschwefligsaurem Natron (Nr. VIII), läßt es darin $^1/_2$ bis 1 Stunde, bis es nicht mehr an Intensität zunimmt, worauf es herausgenommen, zwischen Fließpapier getrocknet, mit destillirtem Wasser sorgfältig ausgewaschen und endlich vollkommen getrocknet wird.

Der Zusatz von salpetersaurem Silberoxyd zum unterschwefligsauren Natron hat den Zweck, die unangenehm rothbraune Nüance, welche positive Bilder gern zeigen, zu beseitigen und ein schönes Schwarz zu erzeugen.

§. 798.
Anderweitige Verfahren zur Herstellung von Lichtbildern auf Papier.

Wie schon §. 793 erwähnt, bedient man sich nicht nur zum Hervorrufen des Bildes, sondern auch zur Erzeugung der empfindlichen Schicht außer der Gallussäure und des Jod-, Brom- und Chlorsilbers anderer

chemisch wirkender Substanzen. Unter Anwendung von bernsteinsaurem, benzoësaurem oder arsenikfaurem Silberoxyd und Eisenvitriol zum Hervorrufen erzeugte Lichtbilder hat man Ferrotypien oder Energiotypien genannt. Anstatt des Eisenvitriols soll man auch eine weingeistige Lösung von Cassia- und Nelkenöl, in welche man das impressionirte Bild legt und 1—2 Stunden verweilen läßt, zum Hervorrufen des Bildes anwenden können, was mit der Theorie nicht im Widerspruche steht, indem genannte ätherische Oele sogenannte Aldehyde enthalten, welche durch Sauerstoffaufnahme in organische Säuren (Zimmtsäure und Nelkensäure) überzugehen streben. Hat man ja auch schon längst eine Lösung dieser Oele mit ammoniakalischer Silberlösung zur Versilberung des Glases vorgeschlagen. Es erleidet keinen Zweifel, daß man wässerige Lösungen von Milchzucker oder Krümelzucker, wenn man sie bei Vorhandensein von freiem Alkali auf die impressionirte Silberschicht einwirken läßt, zur Hervorrufung des Bildes wird anwenden können.

Mit dem Namen Fluorotypien bezeichnet man Lichtbilder, bei denen das Papier zum negativen Bild mit einer Lösung von Fluorkalium und Bromkalium und darauf mit Silberlösung präparirt worden ist. Das Bild wird nach dem Impressioniren durch eine verdünnte Lösung von Eisenvitriol, welche mit etwas Schwefelsäure oder Essigsäure angesäuert worden ist, hervorgerufen und zuletzt mit unterschwefligsaurem Natron fixirt. Anstatt des Eisenvitriols soll man auch eine sehr verdünnte Lösung von Zinnchlorür anwenden können.

Die Katalysotypien werden auf Papier dargestellt, das man zuerst in Wasser taucht, welches mit einigen Tropfen Salzsäure angesäuert worden ist. Nach dem Abtrocknen zwischen Fließpapier läßt man es auf dünnem Gummiwasser schwimmen, in welchem Eisenjodür, zu dem man einige Tropfen Jodtinctur gesetzt hat, gelöst ist. Nach dem Abtrocknen läßt man es auf der Silberlösung schwimmen und setzt es darauf in der Camera obscura dem Lichte aus. Beim Entfernen aus der Camera ist das Bild nicht wahrzunehmen, dasselbe entwickelt sich aber nach und nach von selbst, worauf man es mit Wasser, dann mit Bromkaliumlösung, zuletzt noch mit Wasser wäscht.

Cyanotypien wurden von Herschel diejenigen Lichtbilder genannt, welche er unter Anwendung verschiedener Substanzen, unter Beihülfe von Blutlaugensalz erhielt. Er ließ z. B. Papier zuerst mit salpetersaurem Quecksilberoxyd, dann mit Blutlaugensalz tränken, trocknen und der Einwirkung des Lichts aussetzen, bis ein hinlänglich intensives Bild hergestellt war, welches man durch Auswaschen mit Wasser, zu dem etwas Alaun gesetzt worden war, fixirte.

Von den übrigen Methoden seien nur die Namen Chrysotypien (Anwendung von citronensaurem Eisenoxyd-Ammoniak und Blutlaugensalz zur Erzeugung der empfindlichen Schicht), Chromotypien, Aurotypien ꝛc. erwähnt.

§. 799.
Photographie auf Glas.

Der Mangel an Gleichförmigkeit in der Masse des Papiers und die Rauhigkeit seiner Oberfläche veranlaßten sehr bald nach dem Bekanntwerden der Photographie auf Papier Versuche, die genannten Uebelstände zu beseitigen; namentlich suchte man durch Ueberziehen des Papieres mit Eiweiß und anderen Substanzen eine glatte Oberfläche desselben herzustellen. Da bei Benutzung derartiger Ueberzüge die Bilder hauptsächlich auf diesen Schichten sich erzeugten, so lag der Gedanke nicht fern, das in der That nur als Unterlage dienende Papier durch Glas zu ersetzen, wobei außer dem Vortheil einer vollkommen glatten Fläche auch zu gleicher Zeit die für das Copiren des negativen Bildes wichtige Durchsichtigkeit erzielt wurde. Bilder auf dünnen Ueberzügen von Glasplatten nennt man Glasbilder, obgleich das Glas nur als Träger der sehr dünnen und durchsichtigen Schicht einer anderen Substanz dient. Unter den zu diesem Zwecke vorgeschlagenen Substanzen sind Stärkekleister, Leim, Eiweiß und Collodium zu erwähnen.

§. 800.
Kleisterbilder.

Ein Ueberzug von Kleister eignet sich sehr gut zur Erzeugung von Lichtbildern und wird auf folgende Weise hergestellt. Man macht aus feinster Weizenstärke, die man mit etwas Essig abreibt, einen Kleister, indem man das Stärkemehl in siedendes Wasser einrührt und mit etwas Jodkalium oder Jodammonium versetzt. Damit der Kleister beim Trocknen weniger spröde werde, setzen einige Photographen der Masse etwas Zucker oder Honig zu. Der so bereitete Kleister soll nach dem Erkalten die Consistenz eines dicken Firnisses besitzen. Man seiht die Flüssigkeit durch Leinwand, gießt sie auf die horizontal gehaltene Glasplatte und verbreitet sie durch angemessenes Neigen auf deren Oberfläche. Ist die Platte gleichmäßig mit Kleister überzogen, so neigt man dieselbe, um den Ueberschuß desselben abfließen zu lassen, und stellt sie dann an einen staubfreien Ort zum Trocknen hin. Anstatt schon der Kleistermasse Jodkalium zuzusetzen, kann man auch die Glasplatte mit gewöhnlichem Kleister überziehen und diesen Ueberzug dann erst durch Ein-

tauchen in Jodkaliumlösung imprägniren. Um die Platte mit der empfindlichen Schicht zu versehen, legt man sie mit ihrer Oberfläche auf die Silberlösung, läßt sie 15 bis 30 Secunden damit in Berührung, legt sie nach dem Abtropfen kurze Zeit auf die Rückseite und setzt dann die noch nasse Platte der Einwirkung des Lichtes in der Camera obscura aus. Nach der Impressionirung wird das Bild durch concentrirte Gallussäurelösung hervorgerufen und darauf durch eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron oder von Bromkalium fixirt.

Der Zusatz von Essigsäure zu dem Kleister ist nothwendig, um die allenfallsige Reaction von frei werdendem Jod zu verhindern. Auf Papier zu positiven Bildern läßt sich der Kleisterüberzug auftragen, indem man dünnflüssigen Kleister mit Kochsalz imprägnirt und darauf das Papier schwimmen läßt.

§. 801.

Leimbilder.

Die Anwendung des Leimes, um eine durchsichtige Schicht auf der Glastafel behufs der Erzeugung eines negativen Bildes herzustellen, rührt von Poitevin her. Man löst 6 Gramme Leim in 100 Grammen Wasser, die Lösung wird abgeschäumt, durch Leinwand geseiht, abermals abgeschäumt und dann mit Hülfe einer Pipette auf die Glastafel gebracht, welche vorher schon mittelst eines Leinwandläppchens mit einer verdünnteren Leimlösung befeuchtet worden ist. Die Leimschicht muß mindestens 1,5 Millimeter Dicke haben; sie wird unter Erhitzen recht gleichmäßig ausgebreitet und dann erkalten gelassen. Alsdann taucht man die Platte in eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd, bringt diese mit einem zarten Pinsel noch besonders mit der Leimschicht überall in innige Verbindung und läßt 5 bis 6 Stunden lang vollkommen trocknen, indem man sie sorgfältig vor dem Lichte schützt. Wenn die Platte gebraucht werden soll, wird sie Joddämpfen ausgesetzt, wie eine Silberplatte; alsdann läßt man noch einige Zeit verstreichen, um der Platte Zeit zu lassen, noch etwas empfindlicher zu werden, und bringt sie dann in die Camera obscura. Die Empfindlichkeit ist etwa viermal geringer als die einer mit Jod- und Bromdämpfen behandelten Silberplatte. Das Bild wird durch Gallussäure hervorgerufen und durch unterschwefligsaures Natron fixirt.

Nach anderen Vorschriften wird der Leim vor dem Auftragen jodirt und nach dem Auftragen durch salpetersaures Silberoxyd empfindlich gemacht. Zum Jodiren des Leimes benutzt man eine Lösung von

0,5 Grammen Jodkalium,
5 Tropfen Cyankaliumlösung,
4 Grammen Leim in
20 „ Wasser.

Daß es den Leimbildern nicht gelungen ist, sich in der Photographie die Bedeutung zu erringen, die sie verdienen, liegt an dem Uebelstand des langsamen Trocknens, einem Uebelstande, den die Leimbilder mit den Kleister- und Eiweißbildern gemeinschaftlich haben. Dieser Umstand hat den schnell trocknenden Collodiumbildern, welche so zu sagen im Momente des Aufgießens trocken sind, so großes Uebergewicht verliehen.

§. 802.
Eiweißbilder.

Um Eiweißbilder herzustellen, verfährt man nach Niepce (1848) auf folgende Weise: Man nimmt das Weiße von 2—3 Eiern, je nach der Zahl der zu präparirenden Platten, und bringt dazu 12—15 Tropfen einer concentrirten Jodkaliumlösung. Darauf schlägt man das Eiweiß zu Schaum und sammelt das aus dem Schaum nach und nach abfließende Eiweiß auf und bewahrt es bis zum Gebrauche. Das Eiweiß läßt sich wenigstens 48 Stunden lang frisch erhalten. Nachdem das Eiweiß mit Vorsicht auf die Glasplatte aufgetragen worden ist, trocknet man die Platte bei einer Temperatur, welche 15 bis 20° nicht übersteigen darf; bei Anwendung einer höheren Temperatur würde die Schicht rissig werden und schlechte Resultate liefern. Die Platte wird sodann mit der gewöhnlichen Silberlösung empfindlich gemacht, mit destillirtem Wasser gewaschen und noch feucht in die Camera obscura gebracht. Die Zeit der Exposition ist eine ziemlich lange, da das Eiweiß sehr unempfindlich ist. Das Hervorrufen des negativen Bildes und das Fixiren geschieht auf die gewöhnliche Weise. Die positiven Bilder werden von dem negativen Bilde gerade so gemacht, wie von negativen Bildern auf Papier.

Nach Humbert de Molard stellt man die Eiweißbilder auf folgende Weise dar. Man überzieht das Glas mit einer Eiweißschicht und läßt dasselbe flach liegend trocknen; darauf coagulirt man das Eiweiß durch rasches Eintauchen in Salpetersäure, welche dann durch unmittelbar darauf folgendes Eintauchen in Ammoniak neutralisirt wird. Die ganze Arbeit muß in einigen Secunden beendigt sein. Die Glasplatte hat dann ein gleichförmiges, etwas milchiges Ansehen; man zieht sie dann durch reines Wasser und läßt sie abtropfen. Nach dem Trocknen überstreicht man sie mit Hülfe eines weichen Pinsels mit der Auflösung von kohlensaurem Silberoxyd in

Jodkalium. Nach Verlauf einer Minute taucht man die Platte in reines Wasser, worin sie sogleich durch Ausscheidung von Jodsilber eine goldgelbe Farbe annimmt. Nachdem man nochmals abgewaschen und getrocknet hat, kann man die Platte aufbewahren. Vor der Exposition wird sie dann auf die gewöhnliche Weise zubereitet.

Nach einer anderen Vorschrift desselben Verfassers setzt man zu dem Eiweiß Honig, um die Ueberzüge der photographischen Platten geschmeidiger und dem Papier ähnlicher zu machen. Man nimmt auf jedes Eiweiß 2 bis 3 Gramme Honig, 30 bis 40 Centigramme Jodkalium und bringt die Mischung, nachdem das Albumin in Schnee verwandelt worden ist, in gleichmäßigem Ueberzuge auf die Glasplatte. Wenn dieselbe trocken geworden ist, taucht man die Platte 10 Secunden lang in eine Lösung von 6 Th. salpetersaurem Silberoxyd und 12 Th. Essigsäure in 60 Th. Wasser, wäscht und trocknet dann im Dunkeln. Das Bild wird durch Eintauchen in erwärmte Gallussäurelösung hervorgerufen und mit Bromkalium oder unterschwefligsaurem Kali fixirt. Das negative Bild wird mit einer Leimschicht oder mit Firniß überzogen, um das Abschuppen der Eiweißschicht zu verhindern.

Es wird auch das Eiweiß für positive Bilder angewendet. Man überzieht nämlich das Papier mit einer mit Kochsalz präparirten Eiweißschicht, läßt sie durch Eiweiß trocknen, und coagulirt das Eiweiß entweder mit Hülfe eines heißen Plätteisens oder durch starken Alkohol. Es nimmt das Papier dadurch einen gewissen Glanz an und das Bild befindet sich mehr auf der Oberfläche und dringt nicht so in die Papiermasse ein, was auch durch Präpariren mit Molken oder durch einen Kleisterüberzug erreicht werden kann.

§. 803.

Collodiumbilder.

Die großen Fortschritte, welche die Photographie in dem letzten Jahrzehnd gemacht hat, datiren sich von der Einführung des Collodiums zur Anfertigung negativer Bilder. Die Anwendung von Eiweiß ließ zwar hinsichtlich der Feinheit und Zartheit des Bildes nichts zu wünschen übrig, aber die lange Zeit, welche für die Exposition erfordert wurde, beschränkte die Anwendung dieser Methode auf die Darstellung von Landschaften und architektonischen Gegenständen. Die Anwendung des Collodiums durch Archer und Bingham hat die Schönheit der Eiweißbilder mit einer Empfindlichkeit für das Licht vereinigt, welche die der Daguerre'schen Platten noch übersteigt.

Die Herstellung der Collodiumbilder zerfällt in vier Operationen, nämlich in

1) die Bereitung des Collodiums,
2) die Auftragung des Bildes auf die Platte,
3) die Entwicklung des Bildes,
4) die Fixirung desselben.

§. 804.
Bereitung des Collodiums.

Das Collodium wird durch Auflösen von Schießbaumwolle in Aether bereitet. Die zu Herstellung des Collodiums sich besonders eignende Schießbaumwolle wird nach Mann auf folgende Weise dargestellt: Man übergießt in einem Cylinderglase 20 Th. gepulverten Salpeter mit 31 Th. Schwefelsäure von 1,83 specifischem Gewicht und rührt beide so lange um, bis der Salpeter ganz zergangen ist. In die noch heiße Mischung, deren Temperatur aber höchstens 50° betragen darf, trägt man alsdann die Baumwolle ein und arbeitet sie gut durch, worauf man das Glas mit einer Glasplatte bedeckt und das Ganze ungefähr 24 Stunden lang bei einer Temperatur von 28—30° stehen läßt. Das Gemenge wird mit kaltem Wasser ausgewaschen, bis die zurückbleibende Wolle nicht mehr sauer reagirt. Die noch feuchte Wolle wird zuletzt durch Behandeln mit siedendem Wasser von den letzten Spuren schwefelsauren Kalis, welche von den Baumwollenfasern hartnäckig zurückgehalten werden, befreit. Auch mit Natronsalpeter kann Collodiumwolle erhalten werden; man wendet in diesem Falle an 33 Th. Schwefelsäure von 1,80 specifischem Gewicht, 17 Th. Natronsalpeter und 1/2 Th. Baumwolle.

Man taucht die lufttrockne Schießbaumwolle in starken Alkohol, welcher ihr das noch vorhandene Wasser kräftig entzieht; sobald sie aus dem Alkohol entfernt ist, bringt man sie sofort in eine Mischung aus 10 Th. Aether und 6 Th. Alkohol, in welcher sie sich vollständig löst. Das so erhaltene Collodium läßt man sich absetzen und decantirt es dann. Es muß so flüssig sein, daß es auf eine Glasplatte gegossen, fließt und sich leicht auf der ganzen Oberfläche ausbreitet. Wenn es zu dick ist, verdünnt man es mit Aether, da sich sonst nur schwierig eine gleichförmige Oberfläche darstellen läßt. Ist es zu dünnflüssig, so wird seine Empfindlichkeit zu schwach. Man gießt das rohe Collodium in ein Glas von etwa 200 Grammen (12 Loth) Capacität, welches

2,65 Gramme Jodammonium,
0,1 „ Fluorkalium und
4—5 Tropfen destillirtes Wasser

enthält. Das Jodammonium darf nicht vollständig in Wasser gelöst sein; die vollständige Lösung geschieht erst durch das Collodium, womit man das Glas füllt. Nachdem man die Mischung wiederholt geschüttelt hat, läßt man sie stehen, bis sie klar und durchsichtig geworden ist; sie hat dann eine blaßgelbe Farbe angenommen.

Etwas weniger rasch, aber mit geringeren Schwierigkeiten verbunden ist die Ausführung folgenden Verfahrens: In ein Glas von 200 Grammen Capacität bringt man

0,6 Gramme Jodkalium und
0,35—40 „ Jodsilber,

sodann einige Tropfen Wasser, um gerade das Jodkalium aufzulösen, und füllt endlich das Glas mit dem flüssigen Collodium; nachdem man einige Male geschüttelt hat, läßt man die Mischung 2—3 Tage stehen; sie ist vollkommen durchsichtig und gewöhnlich von blaßgelber Färbung.

Nach den Versuchen von v. Babo ist Hauptbedingung des Gelingens absolute Neutralität derjenigen Präparate, welche die Jodsilberschicht hervorbringen sollen, so wie die Abwesenheit jedes reducirenden Körpers in dem Collodium. Setzt man zu letzterem Aldehyd, schweflige Säure, Pyrogallussäure, Ameisensäure, Eisenoxydul ꝛc., so wird die Einwirkung des Lichts sehr beeinträchtigt, wo nicht aufgehoben. Daraus erklärt sich, warum älteres Collodium seine Empfindlichkeit verliert, da durch den oxydirenden Einfluß des freiwerdenden Jods Aldehyd sich bildet. Es geht daraus ferner hervor, daß zur Bereitung des Collodiums nur ein frisch über Aetzkali destillirter Alkohol und Aether verwendet werden darf, wenn der höhere Grad der Empfindlichkeit erreicht werden soll. Das Collodium darf ferner keine jodsauren Salze enthalten, da deren Gegenwart die Einwirkung eines schwachen Lichts fast gänzlich hemmt. Ein diesen Anforderungen entsprechendes Collodium wird bei Anwendung von Teträthylammoniumjodür $N(C_4H_5)_4J$ anstatt des Jodkaliums nach folgender Vorschrift erhalten [1]:

0,5—1 Th. Teträthylammoniumjodür,
1 „ Schießbaumwolle,
30—40 „ Alkohol von 80 %,
50—60 „ Aether.

Das zu verwendende Teträthylammoniumjodür wird in möglichst wenig wässerigem Weingeist von 50 Proc. aufgelöst, mit Silberpulver etwa

[1] So vorzüglich auch das von v. Babo empfohlene Collodium sein mag, so schwierig wird man sich das zu dessen Bereitung erforderliche Teträthylammoniumjodür darstellen können.

24 Stunden digerirt, um alles freie Jod hinwegzunehmen, und dann dem vorher bereiteten Collodium zugesetzt.

J. Cutting hat in neuerer Zeit den Zusatz von etwas Campher zum Collodium als ein Mittel vorgeschlagen, die Bilder schöner und dauerhafter zu machen; er soll nicht nur die Kraft und Deutlichkeit der positiven Bilder in den Halbtönen erhöhen, sondern auch der Ablagerung eine Feinheit ertheilen, welche bisher durch kein anderes Mittel erreicht worden ist.

§. 805.

Auftragung des Bildes auf die Platte.

Die Glasplatte wird auf einem Stück Guttapercha befestigt, welches im erwärmten Zustande leicht an dem Glase haftet. Mittelst Baumwolle, einigen Tropfen Ammoniak und Tripel wird das Glas gerieben. Alsdann wird mit einem Baumwollbäuschchen der auf dem Glase zurückgebliebene Tripel entfernt und eine zweite Mischung von Tripel und Alkohol darauf gebracht und wie das erste Mal gerieben. Es bleiben vielleicht noch einige Tripeltheilchen und Baumwollfasern zurück. Um diese zu entfernen, gießt man etwas reinen Alkohol auf und reibt die Platte mit einem größeren Bäuschchen, zuletzt reibt und polirt man mit einem trocknen Bäuschchen.

Das jodirte Collodium wird vorräthig in einem Fläschchen aufbewahrt, das gegen Staub und das Verdunsten des Aethers geschützt ist, und daraus so viel auf die vollkommen horizontal liegende Platte gegossen, als die Größe derselben erfordert. Durch Neigen derselben befördert man das Auseinanderfließen des Collodiums, bis die ganze Platte mit einer Schicht überzogen ist, von welcher man den Ueberschuß über eine Ecke ablaufen läßt. Die übergossene Platte trocknet fast augenblicklich, man darf sie aber nicht ganz trocknen lassen, sondern nur so weit, daß, wenn mit dem Finger eine Ecke berührt wird, er dort einen klebrigen Abdruck hinterläßt. Sobald die Platte dieses Maß der Consistenz erlangt hat, taucht man dieselbe in die Silberlösung, die sich in einem Trog von Porcellan oder Glas befindet. Die Oberfläche der Platte wird nicht sofort benetzt; es gehört eine gewisse Zeit dazu, daß der Aether sich mit dem Wasser vermischt; man läßt demnach die Platte wenigstens eine halbe Minute im Bade. Sobald die Glasplatte mit einer gelblich weißen, opalartig durchsichtigen Schicht überzogen erscheint, entfernt man sie aus dem Bade und bringt sie sofort in den Rahmen der Camera obscura. Sie darf nicht länger als zehn Minuten oder 1/4 Stunde aufgehoben werden; je eher sie gebraucht wird, desto besser ist es.

Um der präparirten Collodiumschicht eine längere Dauer der Empfindlichkeit zu sichern, empfiehlt Shadbolt und nach ihm Mansell einen

Zusatz von Honigsyrup. Nach letzterem soll man die auf gewöhnliche Weise präparirte und empfindlich gemachte Collodiumschicht zunächst, um das auf der Platte befindliche salpetersaure Silberoxyd zu reduciren, 1 bis 2 Minuten in ein verticales Bad von destillirtem Wasser tauchen, worauf man das überschüssige Wasser ablaufen läßt. Nun wird Syrup (aus gleichen Theilen Honig und destillirtem Wasser gemischt und filtrirt) zu zwei wiederholten Malen auf die Platte gegossen und etwa zwei Minuten darauf in Bewegung erhalten. Es bilden sich zwei Schichten, eine äußere, welche lange weich und hygroskopisch bleibt und in kaltem Wasser löslich ist, und eine innere, aus Syrup und salpetersaurem Silberoxyd bestehend und nur in warmem Wasser löslich. Sobald das Licht gewirkt hat, müssen vor dem Hervorrufen des Bildes die beiden Schichten durch Anwendung der angeführten Lösungsmittel entfernt werden.

Spiller und Crookes[1]) wenden, um das präparirte Collodium längere Zeit empfindlich zu erhalten, Glycerin an. Da dieser Körper die Eigenschaft besitzt, aus einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd Silber zu reduciren, so müssen beide Stoffe möglichst getrennt gehalten werden. Man macht unmittelbar vor der Anwendung ein Gemisch von 3 Volumen Glycerin (von etwa 1,23 specifischem Gewicht) und 1 Volumen einer Silberlösung, welche auf 32 Gramme (= 2 Loth) Wasser 0,05 Gramme salpetersaures Silberoxyd, 1,35 Gramme Essigsäure und eine Spur (weniger als einen Tropfen) Salpetersäure enthält. Man gießt diese Mischung auf die collodionirte und empfindlich gemachte Glasplatte und läßt sie fünf Minuten lang wirken. Darauf wäscht man die Platte mit destillirtem Wasser ab und stellt sie fast vertical auf Fließpapier, damit dasselbe alle Feuchtigkeit absorbire. Die Platte ist nun zur Aufnahme des Bildes fertig; die Exposition kann entweder sogleich oder erst nach drei Wochen stattfinden. Bevor man das Bild auf der Glycerinschicht entwickelt, taucht man die Platte zwei bis drei Minuten lang in ein Silberbad, welches auf 32 Gr. Wasser 1,5 Gr. salpetersaures Silberoxyd enthält. Zum Hervorrufen und Fixiren des Bildes wendet man die gewöhnlichen Mittel an.

Früher schon haben Spiller und Crookes[2]) die salpetersaure Magnesia (durch Zersetzen von schwefelsaurer Magnesia mit salpetersaurem Baryt dargestellt) zur Conservation der Collodiumschicht empfohlen. Man hat auch salpetersaure Ammoniak-Talkerde mit gutem Erfolge zu diesem Zwecke benutzt. Um dieses Doppelsalz zu erhalten, nimmt man gleiche Volumen ver-

---

[1]) Polytechnisches Centralblatt 1856. p. 1074.

[2]) Polytechnisches Centralblatt 1854. p. 1330.

dünnter Salpetersäure, neutralisirt das eine mit kohlensaurer Magnesia, das andere mit kohlensaurem Ammoniak und mischt beide Flüssigkeiten. Salpetersaures Mangan- und salpetersaures Nickeloxydul sind ebenfalls brauchbar; das sicherste und beste Mittel bleibt aber das Glycerin.

§. 806.
Taupenot's Verfahren.

Das Verfahren von Taupenot ist eine Combination des Collodiumprocesses mit dem Eiweißprocesse und dient besonders dazu, die Collodiumbilder zu schützen, theils um mit trocknem Collodium arbeiten zu können, was vorzüglich auf Reisen bequem ist, da man nicht immer in der Lage ist, die Platten an dem Ort der Aufnahme präpariren zu können. Das Verfahren ist folgendes: Man gießt auf die mit jodirtem Collodium überzogene Platte, nachdem diese das Silberbad passirt und mit destillirtem Wasser gewaschen ist, eine kleine Menge Eiweiß, welche 1 Proc. Jodkalium enthält, und läßt sie im Dunkeln abtropfen und trocknen. Man präparirt auf diese Weise nach einander so viel Platten, als man will. Um sie anzuwenden, bringt man sie in das gewöhnliche essig-salpetersaure Silberbad, läßt sie 10 bis 12 Minuten lang darin, wäscht sie mit destillirtem Wasser und benutzt sie entweder unmittelbar feucht oder trocken am Tage ihrer Präparation oder am nächsten Tage, wo ihre Empfindlichkeit noch dieselbe ist.

§. 807.
Entwickelung des Bildes.

Die Zeit der Exposition wechselt nach der Beleuchtung zwischen 1 und 18 bis 20 Secunden. Nachdem im Dunkeln die impressionirte Platte aus dem Rahmen genommen worden ist, behandelt man sie mit der Entwicklungsflüssigkeit. v. Babo giebt folgender Mischung den Vorzug:

Wasser	100 Th.
Alkohol	20 „
Essigsäure des Handels	30 „
Pyrogallussäure	1 „

Das Bild kommt augenblicklich zum Vorschein; ist dies nicht der Fall, so wird das Bild selten ein gelungenes werden. Sehr schwache Bilder kann man dadurch kräftigen, daß man sie mit Cyankalium fixirt und sorgfältig mit destillirtem Wasser wäscht, darauf mit Quecksilberoxydlösung (welche $^1/_{20}$ Quecksilberchlorid enthält) übergießt und stehen läßt, bis alle Lichter weiß geworden sind; man entfernt jede Spur von Quecksilberchloridlösung durch Waschen und übergießt das Bild mit verdünntem Ammoniak. Das durch

die vorige Behandlung entstandene Quecksilberchlorür wird hierdurch in Quecksilberoxydul verwandelt und das Bild erscheint tiefer.

Als Entwicklungsflüssigkeit hat man auch Eisenvitriollösung, theils mehr, theils weniger concentrirt, angewendet; die Lösung wird gewöhnlich mit irgend einer Säure, Weinsäure, Essigsäure, Schwefelsäure, Bromsäure, versetzt. Eine zuweilen angewendete Vorschrift ist folgende:

Eisenvitriol 30 Th.
Wasser 1000 „

und die Lösung versetzt mit 1 oder 2 Tropfen Salpetersäure oder Schwefelsäure oder mit 100 Th. Essigsäure. Eisenvitriol, zum Hervorrufen angewendet, giebt etwas monotone Bilder und erfordert weit größere Aufmerksamkeit als Pyrogallussäure.

§. 808.

Fixiren des Bildes.

Sobald das Bild gehörig entwickelt ist, was nach etwa zwei Minuten der Fall ist, wäscht man es mit Wasser und fixirt es sodann, indem man über das Bild eine gesättigte Lösung von unterschwefligsaurem Natron gießt oder auch Cyankalium anwendet. Je schneller das Jodsilber entfernt wird, desto klarer wird das Bild. J. J. Pohl empfiehlt eine Lösung von Schwefelammonium, welche überschüssigen Schwefel gelöst enthält, um den braunen Ton des Bildes durch Bildung von Schwefelsilber in Schwarz zu verwandeln. Die Bilder werden in die Lösung von 1 Th. Schwefelammonium in 30 Th. Wasser 10 Minuten lang eingetaucht und dann sorgfältig mit Wasser gewaschen. Die schwarzblaue Nüance, welche dadurch die vom Lichte afficirten Stellen erhalten, ist für die Erzeugung kräftiger positiver Bilder wünschenswerth. Ist die Platte gut abgewaschen, so wird sie mit einer sehr verdünnten Lösung von arabischem Gummi übergossen und zum Trocknen an einen staubfreien Ort gestellt. Sobald die Gummilösung vollkommen trocken ist, kann man zum Abziehen der positiven Bilder schreiten. Auch verdünnte Leimlösung und Firnisse dienen zum Schutze der Collodiumnegative.

Jetzt ist die Platte zur Anfertigung positiver Bilder fertig. Diese Bilder werden auf die gewöhnliche Art gemacht und besitzen fast vollständig die Schärfe des negativen Bildes. Zu besonderen Zwecken wie z. B. zur Ausführung von Nebelbildern kann man auch die positiven Bilder wieder auf Glas hervorbringen.

Ein negatives Collodiumbild kann man ohne Weiteres in ein positives überführen, indem man es in ein Bad von 25 Th. Cyankalium, 4 Th. sal-

petersaurem Silberoxyd und 1000 Th. Wasser bringt, wodurch der positive Charakter sogleich hervortritt.

Heliochromie.

§. 809.

So außerordentlich groß anfänglich auch das Erstaunen über die Entdeckung der Lichtbilder war, so äußerte sich doch bald das Verlangen, daß die Lichtbilder nicht nur die Contouren und die Vertheilung von Licht und Schatten, sondern auch alle Farben der Gegenstände, deren Copien sie vorstellen, wiedergeben sollen. Mehrere Beobachter schon fanden, daß das Chlorsilber, je nach den Umständen, unter denen es dargestellt wurde, oder der Farbe des Lichtes, welches auf dasselbe einwirkt, verschiedene Nüancen annimmt. So fanden Seebeck und Herschel, daß dasselbe unter der Einwirkung der rothen Strahlen eine rothe Farbe erhält. Herschel bemerkte unter Anderm, daß mit Chlorsilber überzogenes Papier, der Einwirkung eines stark concentrirten Spectrums ausgesetzt, einen gefärbten Eindruck erhält. E. Becquerel zeigte ferner durch speciell zu photographischen Zwecken angestellte Versuche, daß die farbigen Strahlen des Spectrums mit ihren Farben auf eine mit Chlorsilber überzogene Platte abgebildet werden können. Wenn nun auch die bislang erzielten Resultate noch nicht in der Weise zufriedenstellen, daß sie eine praktische Anwendung erlaubten, so sind sie doch immer hinreichend, um die Möglichkeit einer Herstellung farbiger Lichtbilder zu beweisen. Die Substanz, auf welcher Becquerel die Farben erzeugt, ist die violett gefärbte Verbindung des Silbers mit dem Chlor. Die so hervorgebrachten Farben haben indessen nur im Dunkeln Bestand und färben sich am Lichte bald gleichförmig. Bis jetzt ist noch kein Mittel gefunden worden, die Farben zu fixiren, und es wird auch schwierig sein, ein solches zu entdecken. Zieht man in Betracht, daß die hervorgerufenen Farben die bekannten Farben dünner Schichten sind, so wird man dieselben nur auf die Weise fixiren können, daß man aus dem impressionirten Silberchlorür das Chlor entfernt und durch eine Substanz ersetzt, welche mit dem Silber verbunden den nämlichen Brechungsexponenten hat wie das Silberchlorür, gegen das Licht aber unempfindlich ist. Ist das Vorstehende richtig, so wäre es wol möglich, daß, wenn zufällig eine solche Substanz nicht existirte, eine Fixirung jener Farben gar nicht zu bewerkstelligen wäre.

Es ist daher nicht zu verwundern, daß die Kunst der Erzeugung farbiger Lichtbilder oder die Heliochromie trotz der Bemühungen von Niepce u. A. noch keine wesentlichen Fortschritte gemacht hat.

die vorige Behandlung entstandene Quecksilberchlorür wird hierdurch in Quecksilberoxydul verwandelt und das Bild erscheint tiefer.

Als Entwicklungsflüssigkeit hat man auch Eisenvitriollösung, theils mehr, theils weniger concentrirt, angewendet; die Lösung wird gewöhnlich mit irgend einer Säure, Weinsäure, Essigsäure, Schwefelsäure, Bromsäure, versetzt. Eine zuweilen angewendete Vorschrift ist folgende:

Eisenvitriol	30 Th.
Wasser	1000 „

und die Lösung versetzt mit 1 oder 2 Tropfen Salpetersäure oder Schwefelsäure oder mit 100 Th. Essigsäure. Eisenvitriol, zum Hervorrufen angewendet, giebt etwas monotone Bilder und erfordert weit größere Aufmerksamkeit als Pyrogallussäure.

§. 808.

Fixiren des Bildes.

Sobald das Bild gehörig entwickelt ist, was nach etwa zwei Minuten der Fall ist, wäscht man es mit Wasser und fixirt es sodann, indem man über das Bild eine gesättigte Lösung von unterschwefligsaurem Natron gießt oder auch Cyankalium anwendet. Je schneller das Jodsilber entfernt wird, desto klarer wird das Bild. J. J. Pohl empfiehlt eine Lösung von Schwefelammonium, welche überschüssigen Schwefel gelöst enthält, um den braunen Ton des Bildes durch Bildung von Schwefelsilber in Schwarz zu verwandeln. Die Bilder werden in die Lösung von 1 Th. Schwefelammonium in 30 Th. Wasser 10 Minuten lang eingetaucht und dann sorgfältig mit Wasser gewaschen. Die schwarzblaue Nüance, welche dadurch die vom Lichte afficirten Stellen erhalten, ist für die Erzeugung kräftiger positiver Bilder wünschenswerth. Ist die Platte gut abgewaschen, so wird sie mit einer sehr verdünnten Lösung von arabischem Gummi übergossen und zum Trocknen an einen staubfreien Ort gestellt. Sobald die Gummilösung vollkommen trocken ist, kann man zum Abziehen der positiven Bilder schreiten. Auch verdünnte Leimlösung und Firnisse dienen zum Schutze der Collodiumnegative.

Jetzt ist die Platte zur Anfertigung positiver Bilder fertig. Diese Bilder werden auf die gewöhnliche Art gemacht und besitzen fast vollständig die Schärfe des negativen Bildes. Zu besonderen Zwecken wie z. B. zur Ausführung von Nebelbildern kann man auch die positiven Bilder wieder auf Glas hervorbringen.

Ein negatives Collodiumbild kann man ohne Weiteres in ein positives überführen, indem man es in ein Bad von 25 Th. Cyankalium, 4 Th. sal-

petersaurem Silberoxyd und 1000 Th. Wasser bringt, wodurch der positive Charakter sogleich hervortritt.

Heliochromie.

§. 809.

So außerordentlich groß anfänglich auch das Erstaunen über die Entdeckung der Lichtbilder war, so äußerte sich doch bald das Verlangen, daß die Lichtbilder nicht nur die Contouren und die Vertheilung von Licht und Schatten, sondern auch alle Farben der Gegenstände, deren Copien sie vorstellen, wiedergeben sollen. Mehrere Beobachter schon fanden, daß das Chlorsilber, je nach den Umständen, unter denen es dargestellt wurde, oder der Farbe des Lichtes, welches auf dasselbe einwirkt, verschiedene Nüancen annimmt. So fanden Seebeck und Herschel, daß dasselbe unter der Einwirkung der rothen Strahlen eine rothe Farbe erhält. Herschel bemerkte unter Anderm, daß mit Chlorsilber überzogenes Papier, der Einwirkung eines stark concentrirten Spectrums ausgesetzt, einen gefärbten Eindruck erhält. E. Becquerel zeigte ferner durch speciell zu photographischen Zwecken angestellte Versuche, daß die farbigen Strahlen des Spectrums mit ihren Farben auf eine mit Chlorsilber überzogene Platte abgebildet werden können. Wenn nun auch die bislang erzielten Resultate noch nicht in der Weise zufriedenstellen, daß sie eine praktische Anwendung erlaubten, so sind sie doch immer hinreichend, um die Möglichkeit einer Herstellung farbiger Lichtbilder zu beweisen. Die Substanz, auf welcher Becquerel die Farben erzeugt, ist die violett gefärbte Verbindung des Silbers mit dem Chlor. Die so hervorgebrachten Farben haben indessen nur im Dunkeln Bestand und färben sich am Lichte bald gleichförmig. Bis jetzt ist noch kein Mittel gefunden worden, die Farben zu fixiren, und es wird auch schwierig sein, ein solches zu entdecken. Zieht man in Betracht, daß die hervorgerufenen Farben die bekannten Farben dünner Schichten sind, so wird man dieselben nur auf die Weise fixiren können, daß man aus dem impressionirten Silberchlorür das Chlor entfernt und durch eine Substanz ersetzt, welche mit dem Silber verbunden den nämlichen Brechungsexponenten hat wie das Silberchlorür, gegen das Licht aber unempfindlich ist. Ist das Vorstehende richtig, so wäre es wol möglich, daß, wenn zufällig eine solche Substanz nicht existirte, eine Fixirung jener Farben gar nicht zu bewerkstelligen wäre.

Es ist daher nicht zu verwundern, daß die Kunst der Erzeugung farbiger Lichtbilder oder die Heliochromie trotz der Bemühungen von Niepce u. A. noch keine wesentlichen Fortschritte gemacht hat.

Neuerdings hat Beauregard[1]) ein photographisches Verfahren angegeben, welches, von der ursprünglichen Methode der Heliochromie abweichend, fixirbare Bilder mit natürlichen Farben unmittelbar durch die Camera liefern soll. Es besteht dieses Verfahren darin, daß man das Papier zuerst in eine Lösung von übermangansaurem Kali, welcher etwas Lakmustinctur zugesetzt ist, taucht und, nachdem es vorher getrocknet war, in eine zweite Lösung von rothem Blutlaugensalz (Ferridcyankalium), mit etwas Schwefelsäure angesäuert. Das so präparirte Bild wird in das Silberbad gebracht, nach der Lichtwirkung aber mit reinem Wasser gewaschen und in eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron getaucht. Nachdem es nochmals gewaschen, bringt ein Bad von neutralem gallussauren Ammoniak die Farben lebhaft zum Vorschein. — Es ist sehr zu bezweifeln, daß dieses Verfahren ein günstiges Resultat geben wird.

Phototypie.

§. 810.

Kurze Zeit nach der Entdeckung der Lichtbilder wurden zahlreiche Versuche angestellt, die Bilder durch den Druck zu vervielfältigen, entweder dadurch, daß man das Lichtbild selbst mit Schwärze versah und abdruckte oder von ihm auf galvanischem Wege Abdrücke zu gewinnen suchte. Diese Versuche konnten zu keinem, in der Praxis anwendbaren Verfahren führen, weil die Oberflächenveränderung, durch die das Bild erzeugt wird, auf alle Fälle eine viel zu schwache ist. Ein weit günstigeres Resultat erhielt man, als man die Photographie für Lithographie und Stahl- und Kupferstich anzuwenden suchte. Dies war zu erreichen entweder dadurch, daß man auf den mit passenden Ueberzügen versehenen Steinen oder Metallplatten Bilder erzeugte, welche vom Künstler nur als Vorzeichnungen benutzt wurden, um sie entweder mit lithographischer Tinte nachzuzeichnen oder mit der Nadel und dem Grabstichel weiter auszuführen, oder zweitens so, daß das bloße Aetzen zur Vollendung der Platten hinreicht.

Das Verfahren, welches zur Vervielfältigung von Lichtbildern angewendet werden soll, bei denen das Lichtbild nur zum Vorzeichnen dient, bedarf keiner Erläuterung; es ist hinreichend, die Platten mit einer empfindlichen Collodiumschicht zu versehen und dann auf dieser das Bild entstehen zu lassen.

Das Wesentliche des zweiten Verfahrens der Phototypie besteht darin, Asphalt in Aether, Benzol oder einem anderen ätherischen Oele zu

---

[1]) Photograph. Society Journal 1855 p. 195 und 207.

lösen, diese Auflösung auf den lithographischen Stein oder die Metallplatte zu gießen, welche nach dem Trocknen zum Aufnehmen der Bilder in der Camera dient. Das Asphalt hat bekanntlich die Eigenschaft, durch das Licht unlöslich zu werden. Wenn man daher die Platte nach der Exposition mit einem ätherischen Oele übergießt, so werden sich die beschatteten Stellen lösen, während der Asphaltfirniß auf den belichteten Stellen haften bleibt. Auf dem Steine wird das Bild nach dem gewöhnlichen lithographischen Verfahren weiter behandelt; auf Metallplatten wird geätzt, nachdem man der Platte, wenn es erforderlich schien, durch Harzstaub das sogenannte Aquatintakorn (vergl. Seite 392) gegeben hat.

Das von Niepce angegebene Verfahren der Phototypie auf Stahl ist folgendes: Nachdem die Stahlplatte mit Kreide geputzt ist, gießt man eine Lösung von 1 Th. Salzsäure in 20 Th. Wasser darauf, wäscht dann wieder mit Wasser ab und trocknet. Hierauf trägt man mittelst einer mit Leder überzogenen Walze eine Schicht von Asphaltlösung auf die polirte Platte, trocknet bei mäßiger Wärme und hält die Platte dann vor Licht und Feuchtigkeit geschützt. Um ein Lichtbild auf die Platte zu übertragen, legt man eine positive auf Albumin oder Collodium dargestellte Photographie auf dieselbe und läßt entweder directes Sonnenlicht 1/4 Stunde oder diffuses Tageslicht 1 Stunde lang einwirken. Man löst darauf die Firnißschicht mit einer Mischung von 3 Th. gereinigtem Steinöl und 1 Th. Benzol, entfernt dann die Lösungsmittel mit Wasser und trocknet.

Niepce fand, daß der heliographische Firniß bedeutend an Empfindlichkeit gewinnt, wenn man ihn mehrere Stunden lang der Luft und dem Sonnenlichte aussetzt. Der Firniß hat folgende Zusammensetzung:

Benzol	90	Gramme
Citronenöl	10	„
Asphalt	2	„

Dieser Firniß zeichnet sich durch Dünnflüssigkeit aus, läßt sich in sehr dünner gleichmäßiger Schicht auftragen und trocknet leicht. Damit der Firniß den Aetzmitteln einen hinreichenden Widerstand darbiete, setzt Niepce die Platte, nachdem das Licht auf sie eingewirkt hat, den Dämpfen gewisser ätherischer Oele, namentlich des Bergamotöls, aus, in ganz ähnlicher Weise, wie die Daguerre'schen Platten den Quecksilberdämpfen ausgesetzt werden.

Um das entstandene Lichtbild zu graviren, bedient sich Lemaitre einer Lösung von 1 Vol. Salpetersäure in 8 Vol. Wasser und 2 Vol. Alkohol. Nachdem das Aetzmittel kurze Zeit gewirkt hat, entfernt man es, wäscht und trocknet. Nachdem man das Aquatintakorn hervorgebracht hat, ist der Firniß auf den nicht zu ätzenden Theilen der Platte nun dergestalt befestigt, daß man

das Aetzmittel unbesorgt längere Zeit einwirken lassen kann und eine hinreichend tiefe Gravirung des Lichtbildes erhält.

Niepce hat durch Zusatz von 1 Gr. Kautschuk in Terpentinöl gelöst zu obigem heliographischen Firniß, demselben die Eigenschaft ertheilt, ohne vorhergehende Aussetzung den Dämpfen von Bergamotöl für das Aetzmittel völlig undurchdringlich zu sein. Er ist namentlich brauchbar für heliographische Gravirung auf Glas. Man verfährt wie bei der Metallplatte und setzt die Glasplatte dann den Dämpfen von Fluorwasserstoffsäure aus, wenn man tiefer ätzen will.

Martin wendet folgendes Verfahren der photographischen Gravirung auf Stahl an: Die Platte wird mit dem gewöhnlichen Aetzgrund, dann mit einer jodirten Collodiumschicht überzogen, in ein Silberbad getaucht u. s. w. Nachdem das Bild durch flüssiges Cyansilber (Cyansilber-Cyankalium) von dem nicht veränderten Jodsilber befreit ist, wird es in Wasser gewaschen, in eine Lösung von Dextrin getaucht und getrocknet. Der Künstler radirt nun nach dem Bilde.

§. 811.

Nach Baldus ist folgende, von Nicklès beschriebene Methode der photographischen Gravirung zu empfehlen: Auf eine mit Steinöl überzogene Kupferplatte wird eine positive Photographie gelegt. Nachdem die Sonne eine Viertelstunde eingewirkt hat, lassen sich mit einem Lösungsmittel nur noch diejenigen Stellen der harzigen Platte wegwaschen, auf welche das Licht nicht gewirkt hat, und es entsteht hierdurch auf der Kupferplatte ein negatives Bild von sehr zarter Zeichnung, welches durch zweitägiges Einwirken des diffusen Lichtes noch mehr Festigkeit erhält. Die Platte wird dann, mit einer galvanischen Batterie verbunden, in ein Kupfervitriolbad gebracht. Wenn sie den negativen Pol bildet, so setzt sich auf die nicht mehr durch eine Harzschicht bedeckten Stellen Kupfer ab; bildet sie dagegen den positiven Pol, so wird an diesen Stellen Kupfer hinweggenommen, so daß man Abdrücke, im ersten Falle nach Art der Holzschnitte, im zweiten Falle nach Art der gravirten Platten nehmen kann.

Poitevin benutzt das Anschwellen und Heraustreten der nicht vom Lichte afficirten Stellen auf den mit Gelatine oder Eiweiß und zweifach chromsaurem Kali überzogenen Platten, wenn sie in Wasser getaucht und wieder getrocknet werden, um das dadurch entstandene etwas über die ebene Fläche hervortretende Bild entweder in Gyps abzuformen oder auch nur nach dem Leitendmachen mit Metallpulver auf galvanischem Wege eine Kupferplatte auf demselben zu erzeugen, von welcher nachher Abdrücke genommen

werden können. Wenn das Bild, durch welches hindurch das Licht auf die empfindliche Fläche gewirkt hat, ein negatives war, so erhält man eine positive Copie, von welcher, wenn die angewandte Fläche ein lithographischer Stein war, unmittelbar Abdrücke gemacht werden können.

Andere Methoden, Lichtbilder auf photographischem Stein so darzustellen, daß Abzüge in der lithographischen Presse genommen werden können, sind in neuerer Zeit von Lemercier, Lerebours und Barreswill, Gori, Halleur und Macpherson[1]) mitgetheilt worden.

[1]) Dingler's polytechn. Journal CXXVIII. p. 369. 370. CXXIX. p. 281. CXXXVIII. p. 393.

Druck von Otto Wigand in Leipzig.

Wagner, Johann Rudolf von, 1822-1880

Hand- und Lehrbuch der Technologie Theorie und Praxis der Gewerbe ; für Geschäftsmänner zum Selbstunterricht und zum Gebrauche an Universitäten unt technischen Lehranstalten
Bd.: 1

Leipzig 1858